



SKRIPSI – TK141581

**EKSTRAKSI ZAT WARNA ALAMI DARI DAUN SUJI
(*PLEOMELE ANGUSTIFOLIA*) DAN MIKROALGA HIJAU
(*CHLORELLA SP*) UNTUK BAHAN *DYE SENSITIZED*
SOLAR CELLS (DSSC)**

Oleh :

**Aisyah Triana Chintiyah Dewi
NRP. 02211546000020**

**Fitria Romadhoni
NRP. 02211546000032**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
NIP. 1966 05 23 1991 02 1001**

**Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T.
NIP. 1976 09 18 2003 12 2002**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT – TK141581

**EXTRACTION OF NATURAL DYE FROM SUJI LEAVES
(*PLEOMELE ANGUSTIFOLIA*) AND GREEN
MICROALGAE (*CHLORELLA SP*) FOR MATERIAL OF
DYE SENSITIZED SOLAR CELLS (DSSC)**

By :

**Aisyah Triana Chintiyah Dewi
NRP. 02211546000020**

**Fitria Romadhoni
NRP. 02211546000032**

Lecture Advisors

**Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
NIP. 1966 05 23 1991 02 1001**

**Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T.
NIP. 1976 09 18 2003 12 2002**

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

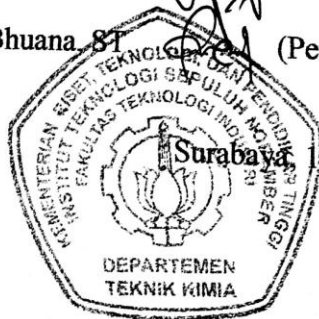
“EKSTRAKSI ZAT WARNA ALAMI DARI DAUN SUJI (*Pleomele Angustifolia*) DAN MIKROALGA HIJAU (*Chlorella sp.*) UNTUK BAHAN DYE SENSITIZED SOLAR CELLS (DSSC)”

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen
Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

1. Aisyah Triana C. D. (02211546000020)
2. Fitria Romadhoni (02211546000032)

1. Prof. Dr. Ir Mahfud, DEA. (Pembimbing I)
2. Dr. Lailatul Qadariyah, ST., MT. (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. M. Rachimoellah, Dipl. EST (Penguji I)
4. Orchidea Rachmaniah, ST., MT. (Penguji II)
5. Donny Satria Bhuana, ST M.Eng., Sc. (Penguji III)



17 Januari 2018

**EKSTRAKSI ZAT WARNA ALAMI DARI DAUN SUJI
(*PLEOMELE ANGUSTIFOLIA*) DAN MIKROALGA HIJAU
(*CHLORELLA SP*) UNTUK BAHAN DYE SENSITIZED
SOLAR CELLS (DSSC)**

**Nama / NRP : 1. Aisyah T. C. Dewi (02211546000020)
2. Fitria Romadhoni (02211546000032)**

Departemen : Teknik Kimia FTI-ITS

**Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
2. Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T.**

ABSTRAK

*Energi surya merupakan energi yang dimanfaatkan dalam konversi energi cahaya menjadi listrik yaitu dengan sel surya. Teknologi sel surya telah dikembangkan oleh Gratzel yang disebut dengan sel Grätzel atau Dye Sensitized Solar Cells (DSSC). Peneliti telah mendapatkan efisiensi konversi energi yang lebih baik pada turunan pewarna (dyes) klorofil karena memiliki gugus carboxylate. Klorofil banyak terdapat pada tumbuhan hijau, salah satunya daun suji (*Pleomele Angustifolia*) dan mikroalga hijau (*Chlorella sp*). Metode ekstraksi yang digunakan adalah Ultrasound-assisted Extraction (UAE), sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas ekstraksi pada bahan aktif.*

Pengambilan zat warna klorofil dimulai dengan melakukan pre-treatment untuk daun suji yaitu dengan cara membersihkan daun suji kemudian dipotong dengan ukuran $\pm 0,2$ cm sedangkan untuk mikroalga hijau tidak dilakukan pretreatment. Kemudian melakukan proses ekstraksi dengan menggunakan UAE pada waktu ekstraksi, konsentrasi etanol dan rasio (w/v) sesuai variabel. Dan selanjutnya ekstrak yang didapat dari proses UAE dijadikan serbuk dengan cara ditambahkan CO₂ padat (dry ice) sampai ekstrak mengental/membeku kemudian dipanaskan pada lempengan (stainless steel) sedikit demi sedikit dan diaduk agar klorofil tidak rusak. Kemudian dilakukan analisa Uv-Vis untuk mengetahui kadar klorofil, pengaplikasian pada

DSSC untuk mengetahui tegangan listrik yang dihasilkan.

Berdasarkan data dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa pembuatan zat warna alami dari mikroalga hija dan daun suji dapat dilakukan dengan metode UAE. Hasil ekstraksi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi etanol, konsentrasi etanol memiliki titik optimum untuk menghasilkan yield tertinggi. Waktu optimum setiap variabel berbeda-beda karena tergantung dari kondisi operasi ketika proses ekstraksi berlangsung. Rasio (w/v), yield akan semakin tinggi seiring dengan semakin tingginya rasio (w/v). Untuk daun suji dan mikroalga hijau menghasilkan yield tertinggi ketika kondisi tanpa penambahan larutan asam ataupun basa yakni pH 7. Yield tertinggi yang dihasilkan dari ekstraksi daun suji adalah 15,99% pada waktu ekstraksi 20 menit, rasio (w/v) 0,02, dan konsentrasi etanol 96%. Sedangkan mikroalga hijau yield tertinggi adalah 36,07% pada waktu ekstraksi 50 menit, rasio (w/v) 0,02, dan konsentrasi etanol 96%. Konsentrasi klorofil tertinggi yang dihasilkan dari ekstraksi daun suji adalah 12,02% pada waktu ekstraksi 20 menit, rasio (w/v) 0,08, dan konsentrasi etanol 20%. Sedangkan mikroalga hijau yield tertinggi adalah 24,2% pada waktu ekstraksi 20 menit, rasio (w/v) 0,02, dan konsentrasi etanol 96%. Ekstraksi dengan metode UAE lebih efektif dan efisien daripada menggunakan soxhletasi karena dapat menghasilkan yield tertinggi dalam waktu yang relatif cepat yakni 20 menit untuk daun suji dan 50 menit untuk mikroalga hijau. Sedangkan ekstraksi dengan metode soxhletasi membutuhkan waktu \pm 10 jam. Hasil uji aplikasi DSSC pada konsentrasi klorofil 7,4987 $\mu\text{g/mL}$; 12,02 $\mu\text{g/mL}$; 18,46 $\mu\text{g/mL}$; dan 24,2 $\mu\text{g/mL}$ menghasilkan 0,516 V; 0,549 V; 0,493 V; dan 0,546 V.

Kata Kunci: *Ultrasound-assisted Extraction, klorofil, daun suji, mikroalga hijau (Chlorella sp), DSSC*

**EXTRACTION OF NATURAL DYE FROM SUJI LEAVES
(*PLEOMELE ANGUSTIFOLIA*) AND GREEN
MICROALGAE (*CHLORELLA SP*) FOR MATERIAL OF
DYE SENSITIZED SOLAR CELLS (DSSC)**

**Name / NRP : 1. Aisyah T. C. Dewi (02211546000020)
2. Fitria Romadhoni (02211546000032)**

Department : Chemical Engineering FTI-ITS

**Advisors : 1. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
2. Dr. Lailatul Qadariyah, ST., MT.**

ABSTRACT

*Solar energy is energy used in the conversion of light energy into electricity with solar cells. The solar cell technology has been developed by Gratzel called the Grätzel cell or Dye Sensitized Solar Cells (DSSC). Researchers have achieved better energy conversion efficiency in chlorophyll dye derivatives because they have carboxylate groups. Chlorophyll is commonly found in green plants, which is suji leaf (*Pleomele Angustifolia*) and green microalgae (*Chlorella sp*). The extraction method used is Ultrasound-assisted Extraction (UAE), thereby increasing the efficiency and effectiveness of extraction on the active ingredient.*

The taking of chlorophyll dye was started by pre-treatment for suji leaf by clearing the leaves of suji then cut by size $\pm 0,2$ cm but there is no pretreatment for the green microalgae. Then do the extraction process by using UAE at extraction time, ethanol concentration and ratio (w/v) according to variable. Furthermore, extracts obtained from the UAE process are powdered by dry ice until the extract thickens then heated on the stainlees steel gradually and stirred to avoid chlorophyll's destruction. Then do the Uv-Vis analysis to discover the concentration of chlorophyll, applying chlorophyll on DSSC to discover the voltage generated.

Based on the data and calculations, it concluded the manufacture of natural dyes from microalgae and suji leaf can be done by UAE method. Extraction results can be influenced by

several factors, which is ethanol concentration, ethanol concentration has an optimum point to produce the highest yield. The difference of optimum time in each variable depends on the operating conditions when the extraction process takes place. The ratio (w/v), yield will be higher along with the higher ratio (w/v). For suji leaves and green microalgae produce the highest yield at base solution which is in pH 7 without adding acid or. The highest yield from extraction of suji leaves is 15,99% at 20 minutes extraction, ratio (w/v) 0,02, and 96% ethanol concentration. While the highest yield of green microalga was 36,07% at 50 minute extraction, ratio (w / v) 0,02, and 96% ethanol concentration. The highest concentration of chlorophyll from the extraction of suji leaves was 12.02% at 20 minutes extraction, the ratio (w/v) 0,08, and 20% ethanol concentration. The highest yield green microalga was 24,2% at 20 minutes extraction, ratio (w/v) 0,02, and 96% ethanol concentration. Extraction by UAE method is more effective and efficient than using soxhlet because it can produce the highest yield in a relatively faster, 20 minutes for suji leaves and 50 minutes for green microalgae. The extraction with soxhlet method takes \pm 10 hours. The result of DSSC application test at chlorophyll concentrations in 7,4987 $\mu\text{g} / \text{mL}$; 12,02 $\mu\text{g} / \text{mL}$; 18,46 $\mu\text{g} / \text{mL}$; and 24,2 $\mu\text{g} / \text{mL}$ produce 0,516V; 0,549V; 0,493V; and 0,546V.

Keywords: Ultrasound-assisted Extraction, chlorophyll, suji leaf, green microalgae (*Chlorella* sp), DSSC

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan kekuatan serta kemudahan sehingga kami dapat mengerjakan Tugas Proposal Skripsi yang berjudul **Ekstraksi Zat Warna Alami Dari Daun Suji (*Pleomele Angustifolia*) Dan Mikroalga Hijau (*Chlorella Sp*) Untuk Bahan Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)** tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap sarjana di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Selama penyusunan proposal skripsi ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Juwari, ST, M.Eng. PhD, selaku Kepala Jurusan S1 Departemen Teknik Kimia FTI – ITS.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA selaku Kepala Laboratorium Teknologi Proses dan selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan arahan yang sudah diberikan.
3. Ibu Dr. Lailatul Qadariah, ST, MT selaku Kepala Program Studi S1 Departemen Teknik Kimia FTI-ITS dan selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan arahan yang sudah diberikan.
4. Bapak dan Ibu Dosen pengajar dan seluruh karyawan Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
5. Orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa dan kasih sayang kepada kami.
6. Teman-teman Laboratorium Teknologi Proses yang telah memberikan bantuan dan dukungan.
7. Teman-teman Lintas Jalur Genap 2015 yang telah memberikan bantuan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan proposal ini, sehingga dibutuhkan saran yang konstruktif demi penyempurnaannya.

Surabaya, 11 Januari 2018

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Tujuan Penelitian	I-3
I.4 Manfaat Penelitian	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Zat Warna	II-1
II.2 Daun Suji	II-6
II.3 Mikroalga Hijau (<i>Chlorella</i> sp.).....	II-8
II.4 Ekstraksi	II-9
II.5 Ultrasound Assisted Extraction	II-11
II.6 Penelitian Sebelumnya.....	II-12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Garis Besar Penelitian	III-1
III.2 Bahan dan Alat Penelitian	III-1
III.3 Prosedur Penelitian	III-4
III.4 Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	III-8
III.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian.....	III-14
III.6 Besaran yang Diukur dan Analisa terhadap Ekstrak Zat Warna.....	III-14
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Kondisi Operasi Ekstraksi Zat Warna Alami dari Mikroalga Hijau (<i>Chlorella</i> sp.) dan Daun Suji (<i>Pleomele Angustifolia</i>) dengan Menggunakan Metode UAE	IV-1

IV.2 Pengaruh Konsentrasi Etanol, Rasio (w/v), dan Waktu Ekstraksi terhadap <i>Yield</i>	IV-2
IV.3 Pengaruh Rasio (w/v), Waktu Ekstraksi, Konsentrasi Etanol Terhadap Konsentrasi Klorofil	IV-12
IV.4 Pengaruh pH terhadap Konsentrasi Klorofil	IV-23
IV.5 Perolehan Recovery pada Ekstraksi Metode UAE dengan Metode Soxhletasi	IV-24
IV.6 Hasil Uji DSSC (Dye Sensitized Solar Cells) ...	IV-27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA	xii
APPENDIKS A CONTOH PERHITUNGAN	
APPENDIKS B TABEL PENGAMATAN DAN TABEL PERHITUNGAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Struktur Klorofil a dan Klorofil b	II-4
Gambar II.2 Struktur Dye-Sensitized Solar Cell	II-5
Gambar II.3 Tanaman Suji	II-7
Gambar II.4 Mikroalga Hijau (<i>Chlorella</i> sp.)	II-9
Gambar III.1 Skema Rangkaian Alat Metode Ultrasound Assisted Extraction (UAE)	III-3
Gambar IV.1 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Yield pada Mikroalga Hijau dan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Konsentrasi Etanol	IV-3
Gambar IV.2 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Yield pada Mikroalga Hijau dan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Rasio (w/v)	IV-3
Gambar IV.3 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Yield pada Daun Suji dengan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Konsentrasi Etanol	IV-4
Gambar IV.4 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Yield pada Daun Suji dan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Rasio (w/v)	IV-5
Gambar IV.5 Pengaruh Rasio (w/v) terhadap Yield pada Mikroalga dan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Waktu Ekstraksi	IV-6
Gambar IV.6 Pengaruh Rasio (w/v) terhadap Yield pada Mikroalga Hijau dan Waktu Ekstraksi 50 menit dalam Berbagai Konsentrasi Etanol	IV-7
Gambar IV.7 Pengaruh Rasio (w/v) terhadap Yield pada Daun Suji dan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Waktu Ekstraksi	IV-8
Gambar IV.8 Pengaruh Rasio terhadap Yield pada Daun Suji dan Waktu Ekstraksi 20 menit dalam Berbagai Konsentrasi Etanol	IV-8
Gambar IV. 9 Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap Yield pada Mikroalga Hijau dan Waktu Ekstraksi 50 menit dalam Berbagai Rasio (w/v)	IV-9

Gambar IV. 10 Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap Yield pada Mikroalga Hijau dan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Waktu Ekstraksi.....	IV-10
Gambar IV. 11 Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap Yield pada Daun Suji dan Waktu Ekstraksi 20 menit dalam Berbagai Rasio (w/v).....	IV-10
Gambar IV. 12 Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap Yield pada Daun Suji dan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Waktu Ekstraksi	IV-11
Gambar IV.13 Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Waktu.....	IV-13
Gambar IV.14 Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Rasio (w/v).....	IV-13
Gambar IV.15 Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Rasio (w/v) 0,08 g/mL dalam Berbagai Waktu	IV-14
Gambar IV.16 Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Konsentrasi Etanol 20% dalam Berbagai Rasio (w/v)	IV-14
Gambar IV.17 Pengaruh Rasio (w/v) Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Waktu 20 Menit dalam Berbagai Konsentrasi Etanol.....	IV-16
Gambar IV.18 Pengaruh Rasio (w/v) Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Waktu	IV-16
Gambar IV.19 Pengaruh Rasio (w/v) Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Waktu 20 Menit dalam Berbagai Konsentrasi Etanol.....	IV-17
Gambar IV.20 Pengaruh Rasio (w/v) Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Konsentrasi Etanol 20% dalam Berbagai Waktu	IV-18
Gambar IV.21 Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan	

	Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Waktu	IV-19
Gambar IV.22	Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Waktu 20 Menit dalam Berbagai Waktu.....	IV-20
Gambar IV.23	Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Rasio (w/v) 0,08 g/mL dalam Berbagai Waktu	IV-21
Gambar IV.24	Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Waktu 20 Menit dalam Berbagai Waktu	IV-22
Gambar IV.25	Pengaruh pH Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dan Daun Suji dengan Konsentrasi Etanol 40%, Waktu Ekstraksi 40 Menit, dan Rasio (w/v) 0,04 g/mL.....	IV-23
Gambar IV. 26	Pengaruh Waktu Terhadap Recovery untuk Yield pada Mikroalga Hijau dan Daun Suji dengan Konsentrasi Etanol 96%	IV-25
Gambar IV.27	Pengaruh Waktu Terhadap Recovery Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dan Daun Suji dengan Konsentrasi Etanol 96%	IV-26
Gambar IV.28	Pengaruh Konsentrasi Klorofil ($\mu\text{g/mL}$) terhadap Tegangan (Volt) pada Analisa DSSC	IV-28

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Perbandingan Pigmen Klorofil a dan Klorofil b.....	II-4
Tabel IV.1 Hasil Analisa Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) pada Setiap Konsentrasi Klorofil ($\mu\text{g/mL}$) terbesar.....	IV-27

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini. Salah satu aplikasi energi surya adalah pemanfaatannya dalam konversi energi cahaya menjadi listrik yaitu dengan sel surya. Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk menjadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan, mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima di hampir seluruh Indonesia sepanjang tahun. Pengembangan *solar cell* menjadi sebuah tuntutan ketika manusia dihadapkan pada berbagai kerusakan lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil dan *global warming*. Perkembangan yang menarik dari teknologi sel surya saat ini salah satunya adalah sel surya yang dikembangkan oleh Gratzel. Sel ini sering juga disebut dengan sel Grätzel atau *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC) atau sel surya berbasis pewarna tersensitisasi (SSPT). DSSC merupakan salah satu kandidat potensial sel surya generasi mendatang, hal ini dikarenakan tidak memerlukan material dengan kemurnian tinggi sehingga biaya proses produksinya yang relatif rendah. Berbeda dengan sel surya konvensional dimana semua proses melibatkan material silikon itu sendiri. Pada dasarnya prinsip kerja DSSC merupakan suatu siklus transfer elektron oleh komponen-komponen DSSC (Kumara & Prajitno, M.Si, 2012)

Proses fotosintesis pada tumbuhan telah membuktikan adanya senyawa pada tumbuhan yang dapat digunakan sebagai zat warna (*dye*). Zat-zat tersebut ditemukan pada daun atau buah, yaitu antosianin, klorofil, dan xantofil. Peneliti telah membuktikan bahwa klorofil dan xantofil dapat tereksitasi dengan adanya penyinaran pada penerapan pewarna (*dyes*). Sebagai hasil pengembangannya, peneliti telah mendapatkan efisiensi konversi energi yang lebih baik pada turunan pewarna (*dyes*) klorofil

tersebut karena memiliki gugus carboxylate. Klorofil banyak terdapat pada tumbuhan hijau, salah satunya daun suji (*Pleomele Angustifolia*) dan mikroalga hijau (*Chlorella sp*), adalah pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan. Senyawa ini yang berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah tenaga cahaya menjadi tenaga kimia. Klorofil adalah pigmen utama dalam fotosintesis, lebih banyak menyerap cahaya biru dan merah, dimana pigmen asesoris seperti karotenoid dan fikobilin dapat meningkatkan penyerapan spectrum hijau-biru dan kuning. Sifat atraktif pada pigmen fotosintetik diaplikasikan seperti sensitizer pada solar sel (Kumara & Prajitno, M.Si, 2012).

Pengambilan zat warna klorofil pada daun suji (*Pleomele Angustifolia*) dan mikroalga hijau (*Chlorella sp*) diperoleh melalui metode ekstraksi yang merupakan perpindahan massa zat warna dari padatan ke fase cairan (pelarut). Metode ekstraksi ini biasa disebut ekstraksi padat-cair (*leaching*). Ekstraksi zat warna dari daun suji (*Pleomele Angustifolia*) dan mikroalga hijau (*Chlorella sp*) dapat dilakukan dengan beberapa metode. Metode konvensional yang biasa dilakukan untuk ekstraksi antara lain metode maserasi, soxhletasi, dan metode refluks. Metode konvensional ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan pelarut dalam jumlah besar, waktu ekstraksi lama, dan hasil ekstrak yang kurang optimal. Selain metode konvensional saat ini dikembangkan metode ekstraksi dengan gelombang ultrasonik atau *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Metode UAE merupakan suatu metode alternatif yang dikembangkan untuk mengoptimalkan proses ekstraksi. Oleh karena itu, penelitian ekstraksi zat warna alami dari daun suji (*Pleomele Angustifolia*) dan mikroalga hijau (*Chlorella sp*) menggunakan metode UAE memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara pembuatan zat warna alami dari daun suji (*Pleomele Angustifolia*) dan mikroalga hijau (*Chlorella sp*)

- dengan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE)?
2. Apa saja faktor – faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi menggunakan metode UAE terhadap *yield* dan *recovery* hasil ekstraksi?
 3. Bagaimana hasil uji aplikasi zat warna yang dihasilkan pada *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC)?

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mempelajari proses ekstraksi zat warna alami dari bahan baku daun suji (*Pleomele Angustifolia*) dan mikroalga hijau (*Chlorella sp*) menggunakan metode UAE.
2. Mempelajari faktor – faktor yang mempengaruhi metode UAE yaitu waktu ekstraksi, rasio bahan terhadap pelarut, konsentrasi etanol dan pH terhadap *yield* dan *recovery* hasil ekstraksi.
3. Melakukan uji aplikasi zat warna yang dihasilkan pada *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC).

I.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian lain yang tertarik dengan pengembangan metode ekstraksi zat warna alami dari daun suji (*Pleomele Angustifolia*) dan mikroalga hijau (*Chlorella sp*)
2. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi untuk pengembangan industri ekstraksi zat warna di Indonesia.

Zat warna alami diharapkan dapat menjadi dye dari *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Zat Warna

Zat warna merupakan gabungan zat warna organik tidak jenuh, kromofor dan ausokrom. Zat organik tidak jenuh adalah molekul zat warna yang berbentuk senyawa aromatik yang terdiri dari hidrokarbon aromatik, fenol, dan senyawa yang mengandung nitrogen. Kromofor adalah pembawa warna, sedangkan ausokrom adalah pengikat antara warna dengan serat (Agustina, 2012).

Zat warna memiliki bermacam-macam klasifikasi seperti klasifikasi zat warna berdasarkan sumber diperolehnya, bentuk kimia, dan cara pemakaiannya. Klasifikasi zat warna berdasarkan sumber diperolehnya terdiri dari:

1. Zat warna alam adalah zat warna yang dibuat dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan, binatang, dan mineral.
2. Zat warna buatan (sintetik) adalah zat warna yang dibuat dari hasil penyulingan residu dan minyak bumi.

II.1.1 Zat Warna Alami

Zat pewarna alami untuk bahan tekstil pada umumnya diperoleh dari hasil ekstrak pada bagian tumbuhan seperti akar, kayu, daun, biji ataupun bunga. Pigmen zat pewarna yang diperoleh dari bahan alami, antara lain (Hidayat, 2006) :

1. Klorofil
Pigmen ini menghasilkan warna hijau, diperoleh dari daun. Jenis pigmen ini banyak digunakan untuk makanan. Saat ini bahkan mulai digunakan pada berbagai produk kesehatan. Pigmen klorofil banyak terdapat pada dedaunan, seperti daun suji, pandan, katuk dan lain – lain.
2. Karoten
Pigmen ini menghasilkan warna jingga sampai merah, dapat diperoleh dari wortel, pepaya, dan lain-lain. Karoten

digunakan untuk mewarnai produk – produk minyak dan lemak seperti minyak goreng dan margarin.

3. *Biksin*

Pigmen ini menghasilkan warna kuning, dapat diperoleh dari biji pohon *Bixaorellana*. *Biksin* digunakan untuk mewarnai mentega, margarin, minyak jagung, dan salad dressing.

4. Karamel

Pigmen ini menghasilkan warna coklat gelap merupakan hasil dari hidrolisis karbohidrat, gula pasir, laktosa, dan lain-lain.

5. Antosianin

Pigmen ini menghasilkan warna merah, oranye, ungu, biru, kuning yang banyak terdapat pada bunga dan buah-buahan, seperti buah anggur, stroberi, duwet, bunga mawar, kana rosella, pacar air, kulit manggis, kulit rambutan, ubi jalar ungu, daun bayam merah, daun jati, dan lain-lain.

6. Tanin

Pigmen ini menghasilkan warna coklat yang terdapat dalam getah.

7. Kurkumin

Pigmen ini menghasilkan warna kuning yang berasal dari kunyit. Biasanya sering digunakan sebagai salah satu bumbu dapur, sekaligus pemberi warna kuning pada masakan.

II.1.2 Klorofil

Istilah klorofil berasal dari bahasa Yunani yaitu *chloros* artinya hijau dan *phyllos* artinya daun. Istilah ini diperkenalkan pada tahun 1818, dan pigmen tersebut diekstrak dari tanaman dengan menggunakan pelarut organik. Klorofil adalah pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan, alga dan bakteri fotosintetik. Pigmen ini berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Klorofil mempunyai rantai fitil ($C_{20}H_{39}O$) yang akan berubah menjadi fitol ($C_{20}H_{39}OH$) jika terkena air

dengan katalisator klorofilase. Fitol adalah alkohol primer jenuh yang mempunyai daya afinitas yang kuat terhadap O₂ dalam proses reduksi klorofil (Banyo, 2011).

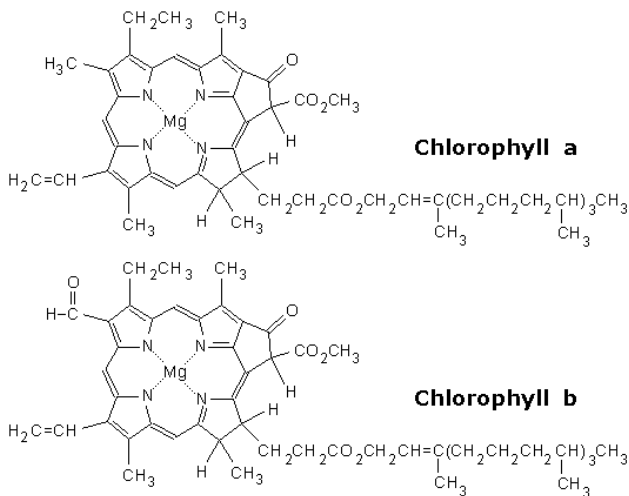
Sifat fisik klorofil adalah menerima dan atau memantulkan cahaya dengan gelombang yang berlainan (berpendar = berfluoresensi). Klorofil banyak menyerap sinar dengan panjang gelombang antara 400-700 nm, terutama sinar merah dan biru. Sifat kimia klorofil, antara lain (1) tidak larut dalam air, melainkan larut dalam pelarut organik yang lebih polar, seperti etanol dan kloroform; (2) inti Mg akan tergeser oleh 2 atom H bila dalam suasana asam, sehingga membentuk suatu persenyawaan yang disebut feofitin yang berwarna coklat (Banyo, 2011).

Tiga fungsi utama klorofil dalam proses fotosintesis adalah memanfaatkan energi matahari, memicu fiksasi CO₂ untuk menghasilkan karbohidrat dan menyediakan energi bagi ekosistem secara keseluruhan. Karbohidrat yang dihasilkan dalam fotosintesis diubah menjadi protein, lemak, asam nukleat dan molekul organik lainnya. Klorofil menyerap cahaya yang berupa radiasi elektromagnetik pada spektrum kasat mata (visible). Cahaya matahari mengandung semua warna spektrum kasat mata dari merah sampai violet, tetapi tidak semua panjang gelombang diserap dengan baik oleh klorofil. Klorofil dapat menampung cahaya yang diserap oleh pigmen lainnya melalui fotosintesis, sehingga klorofil disebut sebagai pigmen pusat reaksi fotosintesis (Banyo, 2011).

Tanaman tingkat tinggi mempunyai dua macam klorofil yaitu klorofil a (C₅₅H₇₂O₅N₄Mg) yang berwarna hijau tua dan klorofil b (C₅₅H₇₀O₆N₄Mg) yang berwarna hijau muda. Klorofil a dan klorofil b paling kuat menyerap cahaya di bagian merah (600-700 nm), dan paling sedikit menyerap cahaya hijau (500-600 nm). Perbandingan kedua macam klorofil ini dapat dilihat pada Error! Reference source not found. dan **Error! Reference source not found.****Gambar II.1** (Banyo, 2011).

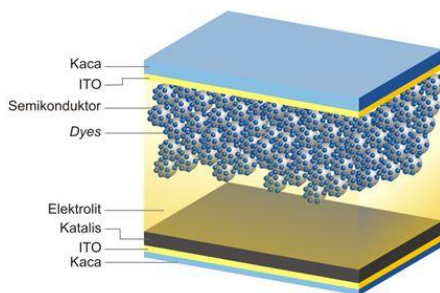
Tabel II.1 Perbandingan Pigmen Klorofil a dan Klorofil b
(Banyo, 2011)

Aspek	Klorofil a	Klorofil b
Rumus Kimia	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
Gugus Pengikat	CH_3	CH
Cahaya yang diserap	Cahaya biru-violet dan merah	Cahaya biru dan oranye
Absorpsi maksimum	Pada λ 673 nm	Pada λ 455-640 nm



Gambar II.1 Struktur Klorofil a dan Klorofil b

II.1.3 Dye Sensitized Solar Cell



Gambar II.2 Struktur *Dye-Sensitized Solar Cell*

Seperti yang terlihat pada Error! Reference source not found., *dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) mulai dikembangkan Grätzel dan O'Regan pada tahun 1991. *Dye-sensitized solar cell* (DSSC) merupakan sel surya fotoelektrokimia, terutama terdiri dari photoelectrode, elektrolit, dan elektroda lawan (Supriyanto, 2012).

Perwarna alami (*dyes*) berfungsi sebagai *sensitizer* memainkan peran kunci untuk menyerap foton dari sinar matahari atau lampu dan mengubahnya menjadi arus listrik. Jenis-jenis perwarna seperti kompleks logam, organik dan alami biasanya digunakan sebagai sensitizer. Substrat yang digunakan pada DSSC yaitu jenis TCO (*Transparent Conductive Oxide*) yang merupakan kaca transparan konduktif. Material substrat itu sendiri berfungsi sebagai badan dari sel surya dan lapisan konduktifnya berfungsi sebagai tempat muatan mengalir. Material yang umumnya digunakan yaitu *fluorine-doped tin oxide* (SnF atau FTO) dan *Indium Tin Oxide* (ITO). TiO_2 merupakan bahan semikonduktor yang bersifat inert, stabil terhadap fotokorosi dan korosi oleh bahan kimia. Untuk aplikasinya pada DSSC, TiO_2 yang digunakan umumnya berfasa anatase karena mempunyai kemampuan fotoaktif yang tinggi. TiO_2 dengan struktur nanopori yaitu ukuran pori dalam skala nano akan menaikkan kinerja sistem

karena struktur nanopori mempunyai karakteristik luas permukaan yang tinggi sehingga akan menaikkan jumlah dye yang teradsorb yang implikasinya akan menaikkan jumlah cahaya yang terabsorb. Elektrolit yang digunakan pada DSSC terdiri dari iodine (I) dan triiodide (I_3^-) sebagai pasangan redoks dalam pelarut. Katalis dibutuhkan untuk mempercepat kinetika reaksi proses reduksi triiodide pada TCO. Platina, material yang umum digunakan sebagai katalis pada berbagai aplikasi, juga sangat efisien dalam aplikasinya pada DSSC. Sebagai alternatif, Grätzel dan O'Regan pada tahun 1991 mengembangkan desain DSSC dengan menggunakan counter-elektroda karbon sebagai lapisan katalis. Karena luas permukaannya yang tinggi, counter-elektroda karbon mempunyai keaktifan reduksi triiodide yang menyerupai elektroda platina (Kumara, 2012).

Prinsip kerja DSSC adalah mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik. Saat *dye* yang melekat dipermukaan TiO_2 menyerap foton dari cahaya matahari electron akan tereksitasi ke pita konduksi TiO_2 . Elektron akan terkumpul di TiO_2 melekat *dye* yang ditinggalkan berada dalam keadaan teroksidasi. Selanjutnya electron akan transfer melalui rangkaian luar menuju lawan (Supriyanto, 2012).

II.2 Daun Suji

Tanaman suji, konon kabarnya berasal dari negara Zaire dan Kamerun, termasuk jenis famili Liliaceae dengan bentuk fisik yang persis bambu. Tanaman ini sangat mudah beradaptasi, dan tumbuh di berbagai jenis tanah dan tempat, bahkan dapat tumbuh dengan baik hanya dengan merendam di dalam air (mendapat pasokan air yang cukup). Pada umumnya, suji akan tumbuh di daerah dengan iklim tropis atau subtropis. Penyebaran tanaman ini meliputi kawasan India, Birma (Myanmar), Indo-Cina, Cina bagian selatan, Thailand, Jawa, Filipina, Sulawesi, Maluku, New Guinea dan Australia bagian utara. Suji akan tumbuh subur hingga ketinggian 1000 meter di atas permukaan laut, dan menyukai daerah pegunungan atau dekat aliran air

(sumur, sungai kecil). Klasifikasi lengkap tanaman suji sebagai berikut (Prasetyo, 2012):

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Class : Monocotiledoneae
Subclass : Liliidae
Order : Liliales
Family : Liliaceae
Genus : Dracaena atau Pleomele
Spesies : Dracaena angustifolia atau Pleomele
angustifolia N.E.Br



Gambar II.3 Tanaman Suji

Tanaman suji dalam aplikasinya di kehidupan memiliki berbagai kegunaan. Secara tradisional, tanaman suji telah dimanfaatkan baik untuk bidang pangan, kosmetika maupun pengobatan. Di bidang pangan, ekstrak daun suji dalam medium air telah biasa digunakan sebagai pewarna berbagai makanan tradisional seperti pada cendol. Selain memberikan warna hijau pada makanan, daun suji juga memberikan aroma harum yang

khas, meskipun tidak seharum daun pandan. Sedangkan pucuk-pucuk mudanya dapat dibuat sayur (Prasetyo, 2012).

Selain sebagai pewarna pangan, daun suji dapat digunakan sebagai pewarna kertas, minyak jarak dan minyak kelapa. Di bidang kosmetika, ekstrak daun suji digunakan sebagai penyubur rambut. Di bidang pengobatan, air rebusan akar tanaman suji digunakan sebagai campuran obat sakit gonorrhoe, mengobati penyakit beri-beri dengan cara menggosokkan kuat-kuat daun yang telah dipanaskan pada anggota tubuh penderita, nyeri lambung dan haid, bahkan sebagai penawar racun (anti disentri). Pengobatan tradisional Asia Timur mengenal rimpang dan akar suji sebagai sumber tonikum dan diduga berkhasiat mengobati leukemia. Buah suji dapat digunakan untuk penambah nafsu makan dan menurunkan tekanan darah tinggi. Penggunaannya dengan cara langsung memakan buah tersebut (Prasetyo, 2012).

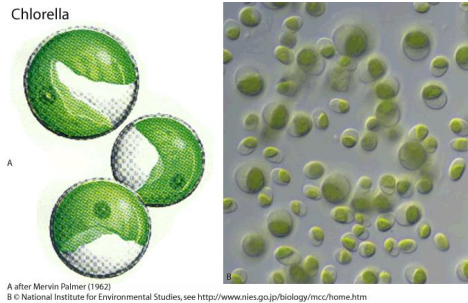
II.3 Mikroalga Hijau (*Chlorella* sp.)

Mikroalga merupakan organisme tumbuhan paling primitif berukuran selular yang umumnya dikenal dengan nama fitoplankton. Mikroalga hidup pada daerah-daerah perairan ataupun daerah yang berkelembapan tinggi diseluruh dunia. Organisme ini merupakan produsen primer perairan yang mempunyai kemampuan fotosintesi seperti layaknya tumbuhan tingkat tinggi (kandungan klorofil *chlorella*) (Harnadiemas, 2012).

Nama *Chlorella* berasal dari zat berwarna hijau (*chlorophyll*) yang juga berfungsi sebagai katalisator dalam proses fotosintesis. *Chlorella* sp. dikategorikan ke dalam kelompok alga hijau yang memiliki jumlah genera sekitar 450 dan jumlah spesies lebih dari 7500. Nama alga hijau yang diberikan karena kandungan zat hijau (*chlorophyll*) yang dimilikinya sangat tinggi, bahkan melebihi jumlah yang dimiliki oleh beberapa tumbuhan tingkat tinggi. Klasifikasi *Chlorella* sp. adalah sebagai berikut (Prabowo, 2009):

Divisi : Chlorophyta

Kelas : Chlorophyceae
Ordo : Chlorococcales
Familia : Oocytaceae
Genus : Chlorella
Spesies : Chlorella sp.



Gambar II.4 Mikroalga Hijau (*Chlorella sp.*)

Bentuk umum sel-sel *Chlorella sp* adalah bulat atau elips (bulat telur), termasuk mikroalga bersel tunggal (*unicellular*) yang soliter, namun juga dapat dijumpai hidup dalam koloni atau bergerombol. Diameter sel umumnya berkisar antara 2-12 mikron, warna hijau karena pigmen yang mendominasi adalah klorofil. *Chlorella* merupakan organisme eukariotik (memiliki inti sel) dengan dinding sel yang terdiri atas selulosa dan pektin, sedangkan protoplasmanya berbentuk cawan (Prabowo, 2009).

II.4 Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu metoda operasi yang digunakan dalam proses pemisahan suatu komponen dari campurannya dengan menggunakan sejumlah massa bahan (solven) sebagai tenaga pemisah. Apabila komponen yang akan dipisahkan (*solute*) berada dalam fase padat, maka proses tersebut dinamakan pelindihan atau *leaching*. Proses pemisahan dengan cara ekstraksi terdiri dari tiga langkah dasar.

1. Proses penyampuran sejumlah massa bahan ke dalam larutan yang akan dipisahkan komponen – komponennya.
2. Proses pembentukan fase setimbang.
3. Proses pemisahan kedua fase setimbang.

Di bidang industri, ekstraksi sangat luas penggunaannya terutama jika larutan yang akan dipisahkan terdiri dari komponen – komponen :

1. Mempunyai sifat penguapan relatif yang rendah.
2. Mempunyai titik didih yang berdekatan.
3. Sensitif terhadap panas.
4. Merupakan campuran azeotrop.

Komponen – komponen yang terdapat dalam larutan, menentukan jenis/macam solven yang digunakan dalam ekstraksi. Pada umumnya, proses ekstraksi tidak berdiri sendiri, tetapi melibatkan operasi – operasi lain seperti proses pemungutan kembali solven dari larutannya (terutama fase ekstrak), hingga dapat dimanfaatkan kembali sebagai tenaga pemisah. Untuk maksud tersebut, banyak cara yang dapat dilakukan misalnya dengan metode distilasi, pemanasan sederhana atau dengan cara pendinginan untuk mengurangi sifat kelarutannya. Jenis-jenis metode ekstraksi menurut (Mukhriani, 2014) adalah:

1. Maserasi

Maserasi adalah proses pengekstrakan sampel dengan menggunakan pelarut dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperatur ruangan (kamar). Maserasi bertujuan untuk menarik zat-zat berkhasiat yang tahan pemanasan maupun yang tidak tahan pemanasan. Secara teknologi maserasi termasuk ekstraksi dengan prinsip metode pencapaian konsentrasi pada keseimbangan (Istiqomah, 2013).

2. Perkolasi

Perkolasi adalah ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru dan sempurna (*exhaustive extraction*) yang umumnya dilakukan pada temperatur ruangan. Prinsip perkolasi adalah dengan menempatkan serbuk sampel pada suatu bejana

silinder, yang bagian bawahnya diberi sekat berpori. Proses terdiri dari tahap maserasi antara, tahap perkolasi sebenarnya (penetasan atau penampung ekstrak), terus menerus sampai diperoleh ekstrak (perkolat) yang jumlahnya 1-5 kali bahan (Istiqomah, 2013).

3. *Soxhlet*

Sokletasi adalah ekstraksi menggunakan pelarut yang selalu baru yang umumnya dilakukan dengan alat khusus sehingga terjadi ekstraksi kontinu dengan jumlah pelarut yang relatif konstan dengan adanya pendingin balik (Istiqomah, 2013).

4. *Refluks*

Refluks adalah ekstraksi dengan pelarut pada temperatur titik didihnya, selama waktu tertentu dan jumlah pelarut terbatas yang relatif konstan dengan adanya pendingin balik (Istiqomah, 2013).

5. *Ultrasound – Assisted Extraction*

Merupakan metode maserasi yang dimodifikasi dengan menggunakan bantuan ultrasound (sinyal dengan frekuensi tinggi, 20 kHz) (Mukhriani, 2014).

Dari beberapa jenis-jenis metode ekstraksi, metode *Ultrasound – Assisted Extraction* sedang marak digunakan.

II.5 *Ultrasound Assisted Extraction*

Salah satu metode ekstraksi modern yang kini dikembangkan adalah *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Ultrasonik diklasifikasikan berdasarkan range frekuensi sebagai daya ultrasonik (20-100 kHz) dan (1-10 MHz). Ketika liquid diradiasikan dengan ultrasonik, gelembung-gelembung mikro bermunculan, gelembung kemudian tumbuh dan bergerak dengan sangat cepat dan saling berbenturan satu sama lain apabila tekanannya cukup tinggi. Benturan tersebut terjadi pada bagian permukaan dari bahan yang akan diekstraksi yang akan menghasilkan pancaran mikro dan kejutan gelombang. Lebih dari itu, dalam fase larutan yang menyelimuti partikel-partikel, pencampuran mikro yang tinggi akan meningkatkan panas dan

transfer massa bahkan difusi dari kandungan di dalam pori dari solid. Dalam beberapa proses ekstraksi zat warna alami, metode ultrasonik digunakan sebagai alat untuk menaikkan transfer massa zat warna dari bahan tumbuhan dan mentransportkannya ke pelarut. Oleh sebab itu, metode *Ultrasound Assisted Extraction* menguntungkan untuk mengekstraksi pewarna alami (Sivakumar, 2011).

II-6 Penelitian Sebelumnya

1. Sivakumar (2011) dengan judul *Effective Natural Dye Extraction from Different Plant Materials using Ultrasound*, dengan bahan yang dibakai adalah berbagai macam bunga seperti *Green Wattle Bark*, *Marigold Flowers*, *Pomegranate rinds*, *4'o clock plant flowers* dan *Cocks Comb flowers*. Analisa dengan menggunakan Spektrofotometri UV-VIS dan analisa gravimetri pada hasil zat warna. Hasil mengindikasikan bahwa kenaikan 13-100% pada efisiensi ekstraksi dari zat warna dari berbagai bahan tanaman dikarenakan penggunaan ultrasonik. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa metode ultrasonik dapat diaplikasikan untuk mengekstraksi zat warna dari tanaman dengan cepat dan efektif.
2. Dhiya Dini, Eric (2017) dengan judul *Ekstraksi Zat Warna Alami dari kayu Secang (Caesalpinia sappan Linn) untuk Aplikasi Produk Pangan*. Bahan yang digunakan adalah kayu secang dengan ukuran 35 mesh, pelarut etanol dan air. Pada penelitian ini menggunakan dua metode yakni *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dan soxhletasi. Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa ekstraksi zat warna alami dari kayu secang menggunakan metode UAE memberikan hasil terbaik pada kondisi suhu 60 °C dan pelarut 60 % pada waktu ekstraksi 20 menit.
3. Endah Sulistiawati, Prima Swastika (2017) dengan Judul *Ekstraksi Zat Warna Alami dari Daun Jati Muda (Tectona grandis) dan Kayu Secang (Caesalpinia Sappan)* dengan

Metode *Ultrasound Assisted Extraction* untuk Aplikasi Produk Tekstil. Bahan yang digunakan daun jati muda dan kayu secang, pelarut yang digunakan aquades dan ethanol. Pada penelitian ini digunakan metode *Ultrasound-assisted Extraction* (UAE). Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa *yield* tertinggi yang dihasilkan dari ekstraksi kayu secang adalah 16,61% pada pH 10 dengan waktu ekstraksi 15 menit. Sedangkan daun jati muda *yield* tertinggi adalah 42,79% pada pH 3 dengan waktu ekstraksi 20 menit.

4. Maya Sukma Widya Kumara dan Drs. Gontjang Prajitno, M.Si (2012) dengan judul Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus Hybridus L.*) sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC. Tegangan dan arus diukur menggunakan multimeter dan menghasilkan 5cm dengan intensitas sebesar 269 lux yaitu rata-rata 323 mV, dan ketinggian 20 cm intensitas 164 lux memiliki tegangan rata-rata sebesar 253,6 mV serta pada ketinggian 35 cm dengan intensitas 54 lux diperoleh tegangan rata – rata 209,1 mV.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Garis Besar Penelitian

Prosedur percobaan zat warna klorofil dimulai dengan melakukan pre-treatment untuk daun suji yaitu dengan cara membersihkan terlebih dahulu daun suji kemudian dipotong dengan ukuran $\pm 0,2$ cm sedangkan untuk mikroalga hijau tidak dilakukan pretreatment. Kemudian melakukan proses ekstraksi dengan menggunakan *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dengan waktu ekstraksi, konsentrasi etanol dan rasio (w/v) sesuai variabel. Dan selanjutnya ekstrak yang didapat dari proses UAE dijadikan serbuk dengan cara ditambahkan CO₂ padat (*dry ice*) sampai ekstrak mengental/membeku kemudian dipanaskan pada lempengan (*stainless steel*) sedikit demi sedikit dan diaduk agar klorofil tidak rusak. Kemudian dilakukan analisa Uv-Vis untuk mengetahui kadar klorofil yang ada pada serbuk ekstrak dan pengaplikasian pada DSSC untuk mengetahui tegangan listrik yang dihasilkan.

III.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu daun suji (*Pleomele Angustifolia*) dan *Chlorella sp.* Metode yang digunakan yaitu *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Gelombang ultrasonik digunakan sebagai sumber radiasi ultrasonik yang dapat memberikan efek kavitasi dan efek termal dalam proses ekstraksi. Dengan menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) akan memberikan hasil berupa ekstrak zat warna yang tertampung di dalam labu leher tiga alas datar. Pemisahan hasil ekstraksi dengan sampel dilakukan menggunakan penyaring. Kemudian ekstrak ditambahkan CO₂ padat sampai mengental/membeku kemudian diuapkan dengan menggunakan wadah *stainless steel* yang sudah dipanaskan secara perlahan sehingga diperoleh padatan zat warna. Selanjutnya dilakukan analisa komponen pada ekstrak daun suji

(*Dracaena Angustifolia*) dan mikroalga hijau (*Chlorella sp*).

III.1.1 Bahan Penelitian

1. Daun suji (*Pleomele Angustifolia*)
Daun Suji yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tanaman yang berada di lingkungan ITS, Surabaya.
2. Mikroalga hijau (*Chlorella sp*)
Mikroalga hijau yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Laboratorium Pakan Alami, Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau, Jepara.
3. Ethanol 96%
Ethanol 96% digunakan untuk pelarut pada metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Ethanol 96% didapatkan dari UD. Sumber Ilmiah Persada
4. CO₂ padat (*Dry ice*)
CO₂ padat (*Dry ice*) yang digunakan didapatkan dari Surabaya, Jawa Timur
5. Kalium Iodida (KI) digunakan sebagai larutan elektrolit yang didapatkan dari UD. Sumber Ilmiah Persada
6. Ethylene Glycol digunakan sebagai larutan elektrolit yang didapatkan dari UD. Sumber Ilmiah Persada
7. Iodium 0,1 N digunakan sebagai larutan elektrolit yang didapatkan dari UD. Sumber Ilmiah Persada

III.1.2 Alat Penelitian

Rangkaian alat untuk metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) tersusun atas *ultrasonic cleaning bath*. Perangkat tersusun atas labu leher tiga alas datar dan kondensor. Pada metode ini digunakan indikator temperatur untuk mengetahui temperatur ekstraksi. Berikut ini adalah keterangan **Gambar III. 1** Skema Rangkaian Alat Metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE):

Keterangan:

1 = Labu alas datar leher tiga

5 = Indikator temperatur

2 = *Ultrasonic cleaning bath*

6 = Kondensor

3 = Tombol *mode*

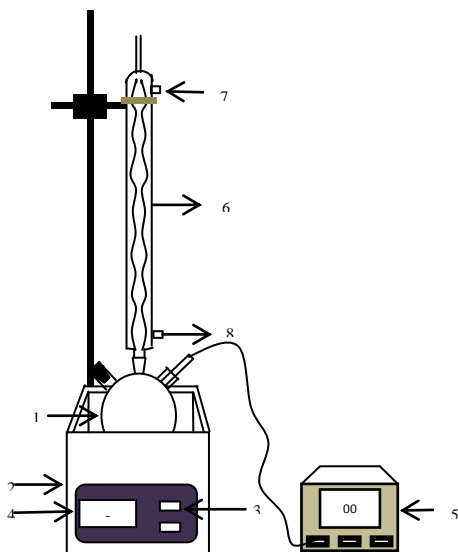
7 = Air masuk

4 = *Digital display*

8 = Air keluar

Ultrasonic cleaning bath yang digunakan untuk penelitian ini adalah DELTA model D68H memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Tegangan 240 V/ 60 Hz
- Daya 68 W
- Operating Frequency 48 kHz
- Kapasitas tank 2 L
- Dimensi tank : Panjang = 15 cm, Lebar = 4 cm, dan Tinggi = 8 cm
- Dimensi *outer* : Panjang = 18 cm, Lebar = 17 cm, dan Tinggi = 20 cm



Gambar III. 1 Skema Rangkaian Alat Metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE)

III.3 Prosedur Penelitian

III.3.1 Prosedur Pretreatment Daun Suji

1. Membersihkan potongan daun suji, kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan atau menggunakan tissue
2. Memotong daun suji dengan ukuran sekitar 0,2 cm
3. Menimbang potongan daun suji sesuai variabel

III.3.2 Prosedur Percobaan Metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UEA)

1. Menimbang bahan dan mengukur etanol sesuai variabel.
2. Merangkai alat seperti pada gambar 3.1.
3. Memasukan bahan dan etanol ke dalam labu alas datar leher tiga. Dan menutup dengan rapat.
4. Mengalirkan air pendingin untuk kondensor dan mengatur waktu sesuai dengan variable.
5. Menyalakan *Ultrasounic cleaning bath*. Mencatat suhu awal sebelum proses dimulai.
6. Melakukan ekstraksi selama waktu yang ditentukan.
7. Menghentikan proses ekstraksi dan mencatat suhu setelah ekstraksi.
8. Menyaring ekstrak. Mengukur dan mencatat volum ekstrak yang diperoleh.

III.3.3 Prosedur Pemadatan Ekstrak

1. Menimbang wadah kosong yang bersifat konduktor (*stainless steel*) dan mencatat sebagai massa wadah kosong.
2. Ekstrak klorofil yang didapat pada proses UAE ditambahkan dengan CO₂ padat (*dry ice*) dan ditunggu sampai mengental atau membeku.
3. Pada waktu yang sama, memanaskan wadah yang bersifat konduktor (*stainless steel*).
4. Setelah wadah panas dan ekstrak klorofil membeku, ekstrak klorofil dimasukkan kedalam wadah yang sudah panas dengan sedikit demi sedikit sambil

- diaduk agar klorofil tidak rusak.
5. Menimbang wadah dengan ekstrak kering yang didapatkan sehingga didapatkan massa ekstrak klorofil kering.

III.3.4 Prosedur Percobaan Metode Soxhlet

1. Menimbang bahan sebesar 3gram dan mengambil 500 mL etanol 96%.
2. Membungkus bahan dengan menggunakan kertas saring, kemudian memasukkan ke dalam *soxhlet*.
3. Menuangkan pelarut etanol 96% sampai mencapai satu siklus, kemudian tunggu sampe etanol 96% turun ke labu alas bulat leher satu secara keseluruhan. Dan tambahkan etanol 96% yang tersisa.
4. Merangkai alat dan mengalirkan air kondensor.
5. Melakukan ekstraksi sampai etanol 96% yang terdapat pada *soxhlet* menjadi bening kembali.
6. Mencatat waktu total ekstraksi.

III.3.5 Prosedur Uji dengan Spektrofotometer UV-Visible

1. Mengencerkan ekstrak klorofil kedalam pelarut etanol 96%
2. Memasukkan hasil pengenceran klorofil kedalam kuvet
3. Menyiapkan larutan blanko (etanol 96%) dan memasukkan kedalam kuvet
4. Melakukan kalibrasi dengan memasukkan larutan blanko kedalam spektrofotometer dan mengatur panjang gelombang sesuai yang diinginkan (panjang gelombang klorofil-a 665 nm dan klorofil-b 652 nm)
5. Menguji nilai absorbansi masing-masing hasil ekstrak yang telah diencerkan sebelumnya pada panjang gelombang klorofil-a 665 nm dan klorofil-b 652 nm
6. Mengulangi semua prosedur untuk bahan baku yang lain.

III.3.6 Prosedur Uji dengan *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC)

III.3.6.1 Pembuatan Pasta (*Paste Preparation*)

1. Menyiapkan 15 mL air dalam gelas beaker. Menambahkan 1 tetes HNO_3 dengan konsentrasi 65% pada air yang telah disiapkan. Mengambil 2 mL dari larutan tersebut dan mencampurkan dengan 6,5 mL etanol 96%
2. Menyiapkan 1,5 gram TiO_2 dalam *beaker glass* 100 mL
3. Menuangkan larutan dari langkah 1 kedalam *beaker glass* yang sudah diisi dengan TiO_2
4. Mengaduk dengan pengaduk kaca hingga terbentuk suspensi yang stabil

III.3.6.2 Pembuatan Elektroda Kerja (*Working Electrode Preparation*)

1. Mencuci kaca FTO dengan etanol dan kemudian membiarkan hingga kering
2. Cek sisi konduktif dengan cara mengidentifikasinya dengan cara mengukur hambatan menggunakan tester
3. Menutup sisi luar dari kaca FTO dengan menggunakan selotip
4. Meneteskan pasta TiO_2 keatas kaca FTO kemudian meratakan dengan menggunakan spatula kaca
5. Melepaskan selotip kemudian memindahkan kaca FTO keatas *hotplate* ($T > 300^\circ\text{C}$) untuk mengeringkan pasta selama 30 menit
6. Mengambil kaca FTO dari *hotplate* kemudian didinginkan

III.3.6.3 Penyerapan Klorofil pada permukaan TiO_2 (*Chlorophyll Adsorption On The Titania Surface*)

1. Menuangkan larutan klorofil kedalam *beaker glass*
2. Merendam kaca FTO yang telah ditambahkan TiO_2 (lapisan pasta TiO_2 menghadap atas) selama 17 jam
3. Mengangkat kaca FTO kemudian mencuci dengan

menggunakan aquadest dan etanol 96% kemudian biarkan hingga mengering

III.3.6.4 Pembuatan Elektroda Pembanding (*Counter Electrode Preparation*)

1. Mencuci kaca FTO dengan etanol dan kemudian membiarkan hingga kering
2. Cek sisi konduktif dengan cara mengidentifikasinya dengan cara mengukur hambatan menggunakan tester
3. Memanaskan kaca FTO (sisi konduktif) diatas lilin hingga kaca FTO tertutup oleh karbon kemudian membiarkan sampai dingin

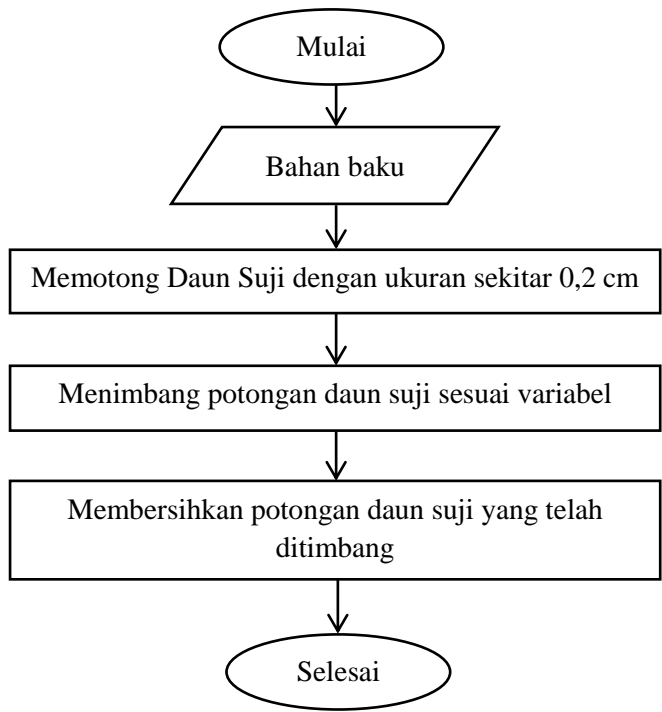
III.3.6.5 Pembuatan Elektrolit (*Electrolyte Preparation*)

1. Menimbang KI sebanyak 1 gram
2. Menimbang I_2 sebanyak 0,5 gram
3. Mencampurkan KI dan I_2 dalam 50 mL *ethylen glycol*

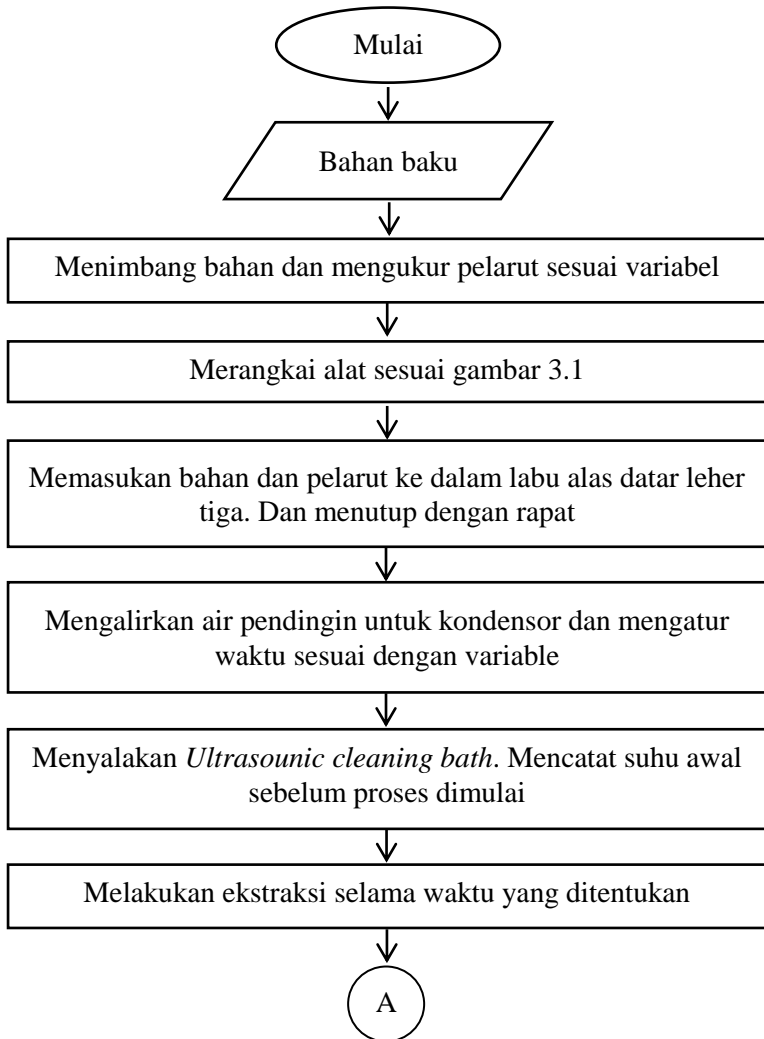
III.3.6.6 Penyusunan Sel (*Assembling The Cell*)

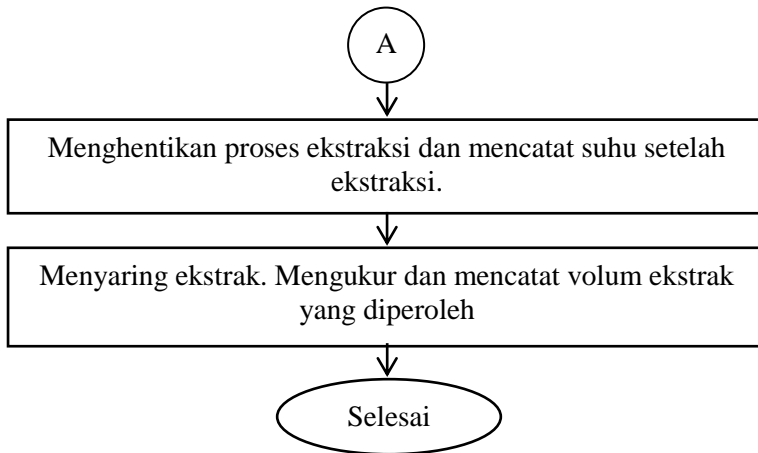
1. Mengambil 1 buah elektroda kerja dan elektroda pembanding
2. Meneteskan beberapa tetes larutan elektrolit diantara kedua elektroda
3. Melekatkan kedua elektroda menggunakan *binder clip*
4. Menguji besar hambatan listrik dengan menggunakan *voltmeter*

III.4 Diagram Alir Prosedur Penelitian
III.4.1 Prosedur Pretreatment Daun Suji

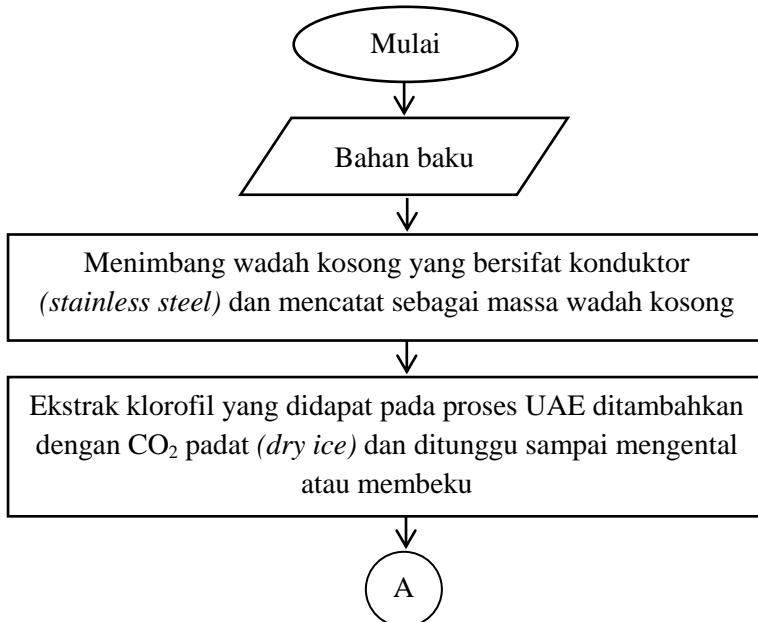


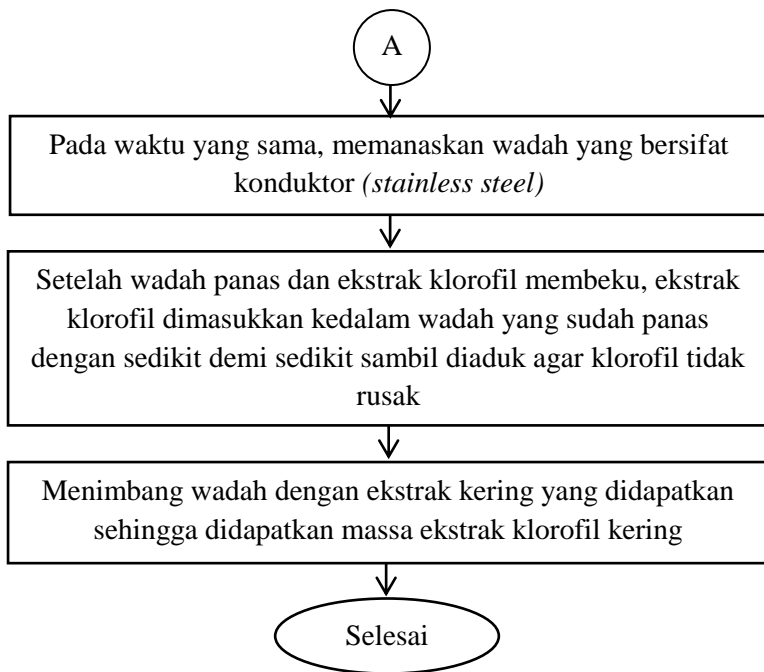
III.4.2 Prosedur Percobaan Metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UEA)



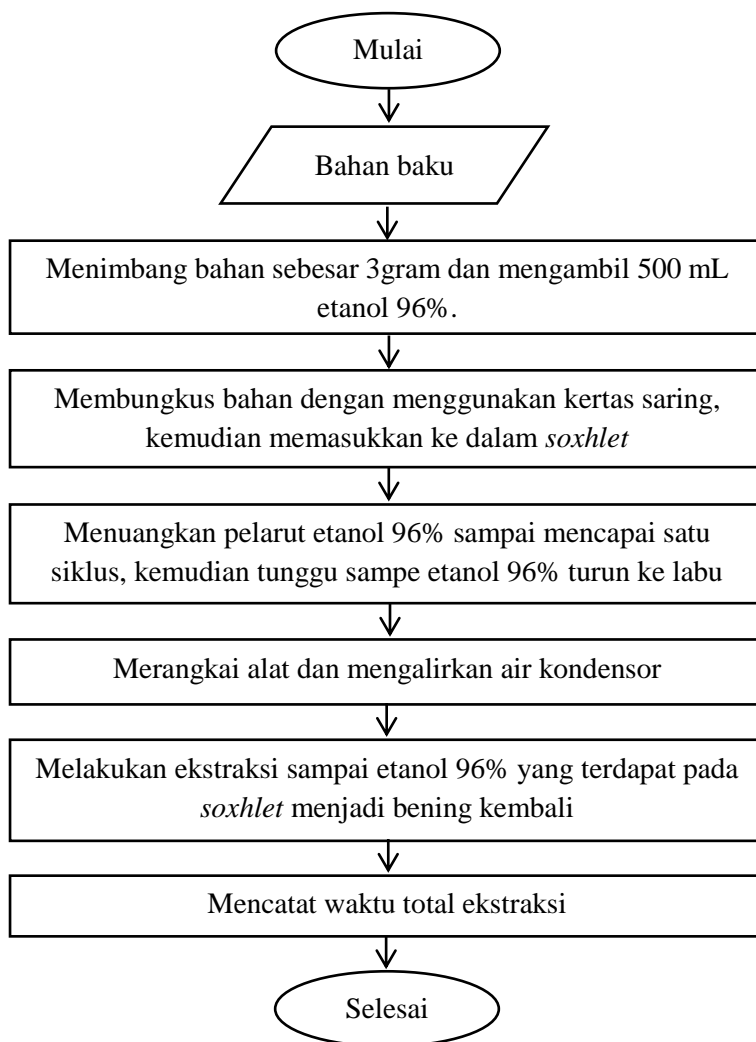


III.4.3 Prosedur Pemadatan Ekstrak

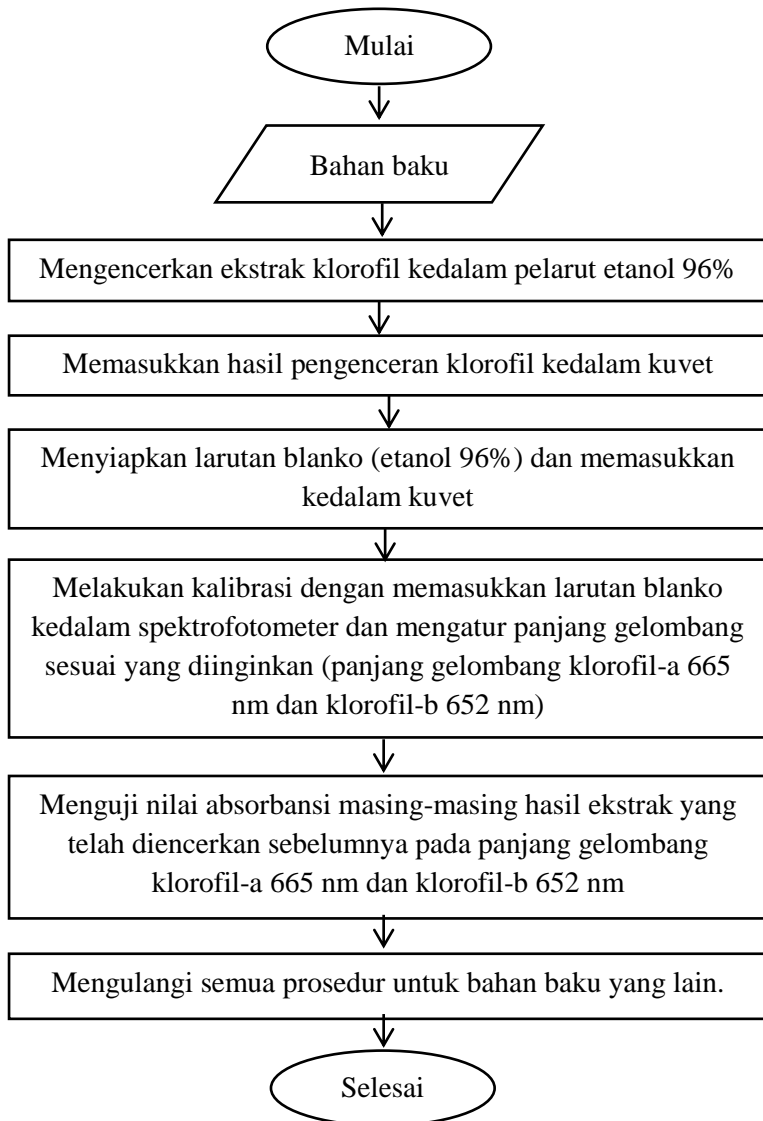




III.4.4 Prosedur Percobaan Metode Soxhlet



III.4.5 Prosedur Uji dengan Spektrofotometer UV-Visible



III.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian

III.5.1 Kondisi Operasi

- a. Tekanan atmosferik
- b. *Operating Frequency* 48 KHz

III.5.2 Variabel Penelitian

Variabel yang dilakukan pada penelitian meliputi :

- a. Bahan : Daun Suji dan Mikroalga Hijau
- b. Pelarut Etanol : Etanol 20%, etanol 40%, etanol 60%, etanol 80%, dan etanol 96%
- c. Waktu ekstraksi : 20, 30, 40, dan 50 (menit)
- d. pH : 4, 10, tanpa penambahan pH
- e. Rasio (w/v) : 0,02; 0,04; 0,06; dan 0,08

III.6 Besaran yang Diukur dan Analisa Terhadap Ekstrak Zat Warna

Besaran dan analisa yang akan dilakukan terhadap ekstrak zat warna yang diperoleh meliputi :

1. Perhitungan *yield*

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{Massa padatan ekstrak zat warna}}{\text{Massa bahan baku kering yang digunakan}} \times 100\%$$

2. Perhitungan *recovery*

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{Massa padatan ekstrak zat warna dengan UAE}}{\text{Massa padatan ekstrak zat warna dengan } soxhlet} \times 100\%$$

3. Komposisi hasil ekstraksi zat warna alami daun suji dan mikroalga hijau dianalisa menggunakan pembacaan absorbansi menggunakan spektrofotometer *UV-Visible* untuk mengetahui konsentrasi pigmen.
4. Hasil aplikasi zat warna pada DSSC (*Dye-Sensitized Solar Cell*). Analisa besar voltase dan ampere pada DSSC (*Dye-Sensitized Solar Cell*)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Kondisi Operasi Ekstraksi Zat Warna Alami dari Mikroalga Hijau (*Chlorella sp.*) dan Daun Suji (*Pleomele Angustifolia*) dengan Menggunakan Metode UAE

Pada penelitian ini zat warna alami dari mikroalga hijau (*Chlorella sp.*) dan daun suji (*Pleomele Angustifolia*) diekstrak menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Ketika liquid diradiasikan dengan ultrasonik, gelembung – gelembung mikro bermunculan, gelembung kemudian tumbuh dan bergerak dengan sangat cepat dan saling berbenturan satu sama lain apabila tekanannya cukup tinggi. Benturan tersebut terjadi pada bagian permukaan dari bahan yang akan diekstraksi yang akan menghasilkan pancaran mikro dan kejutan gelombang. Lebih dari itu, dalam fase larutan yang menyelimuti partikel – partikel, pencampuran mikro yang tinggi akan meningkatkan panas dan transfer massa bahkan difusi dari kandungan di dalam pori dari solid (Sivakumar, 2011).

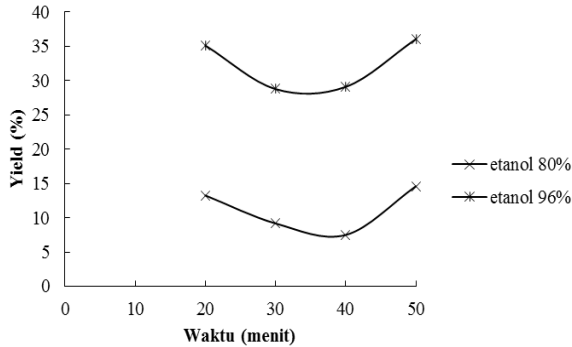
Menurut Endah Sulistiawati, dkk (2017), dalam penelitian ekstraksi zat warna didapatkan *yield* tertinggi yang dihasilkan dari ekstraksi kayu secang adalah 16,61% pada pH 10 dengan waktu ekstraksi 15 menit. Sedangkan daun jati muda *yield* tertinggi adalah 42,79% pada pH 3 dengan waktu ekstraksi 20 menit. Dan menurut Dhiya Dini, dkk (2017), dalam penelitian zat warna alami hasil terbaik pada kondisi suhu 60 °C dan pelarut etanol 60 % dengan waktu ekstraksi 20 menit. Oleh karena itu, dapat disimpulkan dari penelitian terdahulu ekstraksi zat warna dapat dipengaruhi oleh waktu ekstraksi, pH, konsentrasi etanol. Maka pada penelitian ini variabel kondisi operasi yang digunakan meliputi konsentrasi etanol, waktu proses ekstraksi, pH dan rasio bahan terhadap pelarut. Semua variabel yang berpengaruh dihubungkan dengan jumlah *yield* yang dihasilkan dalam ekstraksi zat warna alami menggunakan *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE).

Dalam penelitian ini menggunakan dua bahan yang berbeda yakni mikroalga hijau (*Chlorella sp.*) dan daun suji (*Pleomele Angustifolia*). Terdapat dua tahapan percobaan, tahap ekstraksi menggunakan *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dan tahap pengeringan menggunakan *dry ice*. Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menimbang mikroalga hijau dan daun suji sesuai dengan rasio bahan terhadap pelarut yang telah ditentukan, lalu dilakukan proses ekstraksi menggunakan *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dengan waktu ekstraksi yang telah ditentukan. Dan selanjutnya ekstrak yang didapat dari proses UAE dijadikan serbuk dengan cara ditambahkan CO₂ padat (*dry ice*) sampai ekstrak mengental/membeku kemudian dipanaskan pada lempengan (*stainless stell*) sedikit demi sedikit dan diaduk agar klorofil tidak rusak.

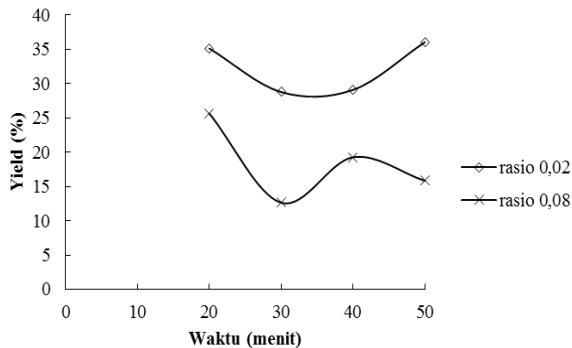
IV.2 Pengaruh Konsentrasi Etanol, Rasio (w/v), dan Waktu Ekstraksi terhadap *Yield*

IV.2.1 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap *Yield*

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh waktu ekstraksi terhadap *yield* dari mikroalga hijau (*Chlorella sp.*) dan daun suji (*Pleomele Angustifolia*). Parameter terpenting dalam proses ekstraksi adalah jenis pelarut dan waktu ekstraksi. Waktu ekstraksi yang digunakan adalah 20, 30, 40, dan 50 menit.



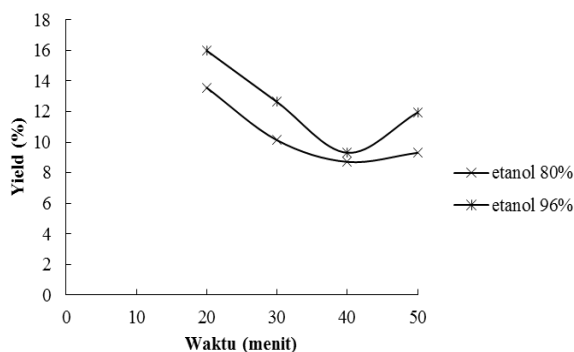
Gambar IV.1 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Yield pada Mikroalga Hijau dan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Konsentrasi Etanol



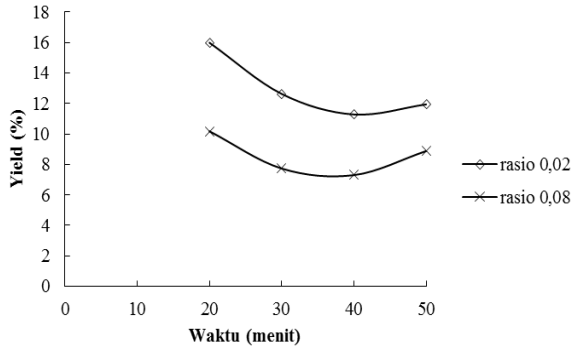
Gambar IV.2 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Yield pada Mikroalga Hijau dan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Rasio (w/v)

Dari **Gambar IV.1** dan **Gambar IV.2**, didapatkan *yield* terbesar untuk ekstraksi mikroalga hijau adalah pada waktu ekstraksi selama 50 menit sebesar 36,06%. Pada **Gambar IV.1** terlihat penurunan yield saat waktu ekstraksi 20 menit sampai 40 menit dengan konsentrasi etanol 80% dan 96% dan kembali

mengalami kenaikan pada waktu ekstraksi 50 menit dengan konsentrasi etanol 80% dan 96%. Pada **Gambar IV.2** pada rasio 0,02 memperlihatkan penurunan *yield* pada waktu ekstraksi 20 menit sampai 40 menit dan kembali mengalami kenaikan pada waktu ekstraksi 50 menit. Sedangkan pada rasio 0,08 terlihat penurunan *yield* terjadi saat waktu ekstraksi 20 menit sampai 30 menit dan kembali mengalami kenaikan saat waktu ekstraksi 40 menit sampai 50 menit.



Gambar IV.3 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Yield pada Daun Suji dengan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Konsentrasi Etanol



Gambar IV.4 Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Yield pada Daun Suji dan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Rasio (w/v)

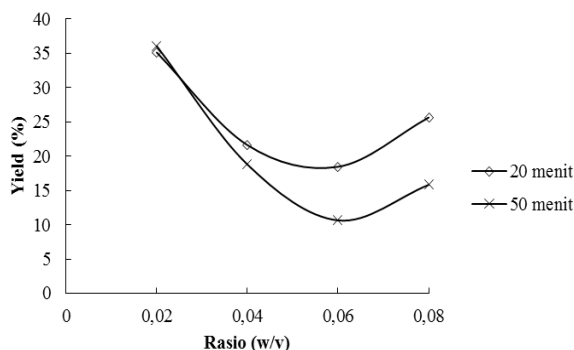
Dari **Gambar IV.3** dan **Gambar IV.4** didapatkan yield tertinggi pada waktu ekstraksi 20 menit sebesar 15,99%. Pada **Gambar IV.3** terlihat penurunan *yield* saat waktu ekstraksi selama 20 menit sampai 40 menit dan kembali mengalami kenaikan saat waktu ekstraksi 50 menit pada konsentrasi etanol 80% dan 96%. Pada **Gambar IV.4** terlihat penurunan *yield* terjadi saat waktu ekstraksi selama 20 menit hingga 40 menit dan kembali mengalami kenaikan saat waktu ekstraksi mencapai 50 menit pada rasio 0,02 dan 0,08.

Kecenderungan pada **Gambar IV.1**, **Gambar IV.2**, **Gambar IV.3** dan **Gambar IV.4** memperlihatkan bahwa, menurut Wang, (2014) semakin lama waktu ekstraksi mengindikasikan kenaikan pada yield ekstraksi, yang disebabkan oleh hancurnya gelembung mikro di dekat permukaan, dan menyebabkan terganggunya material tanaman dan difusi pelarut ke dalam matriks tanaman. Lalu yield akan mulai menurun, seperti yang telah dinyatakan pada hukum kedua fick mengenai difusi bahwa setelah periode tertentu konsentrasi zat terlarut dalam matriks padat (bahan tanaman) dan dalam larutan bulk (pelarut) mencapai titik equilibrium. Maka dapat disimpulkan bahwa waktu ekstraksi mikroalga hijau yang optimum adalah 20

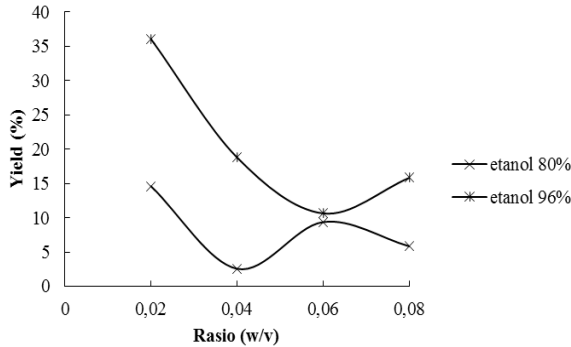
menit. Kenaikan *yield* kembali terlihat pada waktu ekstraksi 50 menit, menurut Prasetyo (2012) semakin lama waktu ekstraksi akan menyebabkan kenaikan suhu, hal ini dapat mengaktifkan enzim klorofilase yang akan merubah klorofil menjadi senyawa turunan klorofil seperti klorofilid. Enzim ini stabil pada suhu 60°C - 70°C. Sedangkan pada ekstraksi 50 menit dapat menghasilkan suhu akhir hingga 67°C.

IV.2.2 Pengaruh Rasio (w/v) terhadap *Yield*

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh rasio terhadap *yield* dari mikroalga hijau (*Chlorella sp.*) dan daun suji (*Pleomele Angustifolia*). Parameter terpenting dalam proses ekstraksi adalah jenis pelarut dan waktu ekstraksi. Dalam proses ekstraksi digunakan rasio (w/v) 0,02; 0,04; 0,06; dan 0,08 g/mL.

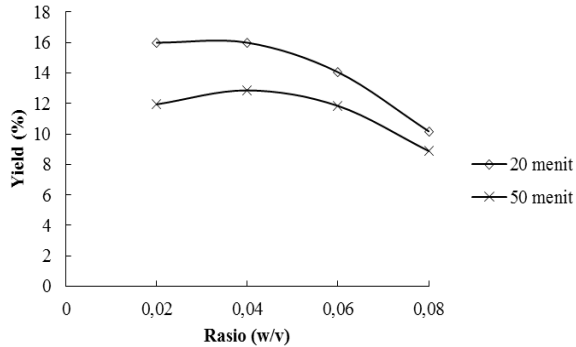


Gambar IV.5 Pengaruh Rasio (w/v) terhadap *Yield* pada Mikroalga dan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Waktu Ekstraksi

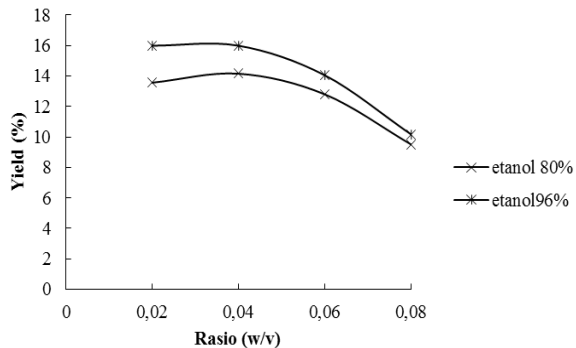


Gambar IV.6 Pengaruh Rasio (w/v) terhadap Yield pada Mikroalga Hijau dan Waktu Ekstraksi 50 menit dalam Berbagai Konsentrasi Etanol

Dari **Gambar IV.5** dan **Gambar IV.6** didapatkan *yield* tertinggi pada 0,02 sebesar 36,06%. Pada **Gambar IV.5** terjadi penurunan *yield* seiring dengan bertambahnya nilai rasio (w/v) dari rasio (w/v) 0,02 hingga 0,06 dan kembali mengalami kenaikan pada rasio (w/v) 0,08 saat waktu ekstraksi 20 menit dan 50 menit. Pada **Gambar IV.6** terjadi penurunan *yield* seiring dengan penambahan nilai rasio (w/v) 0,02 hingga 0,06 dan kembali mengalami kenaikan *yield* saat rasio (w/v) 0,08 pada penggunaan etanol 80%. Sedangkan pada penggunaan etanol 96% terjadi penurunan *yield* saat rasio (w/v) 0,02 hingga 0,04 dan kembali mengalami kenaikan *yield* saat rasio 0,06 lalu mengalami penurunan lagi saat rasio (w/v) 0,08.



Gambar IV.7 Pengaruh Rasio (w/v) terhadap Yield pada Daun Suji dan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Waktu Ekstraksi



Gambar IV.8 Pengaruh Rasio terhadap Yield pada Daun Suji dan Waktu Ekstraksi 20 menit dalam Berbagai Konsentrasi Etanol 20%, 40%, 60%, 80% dan 96%

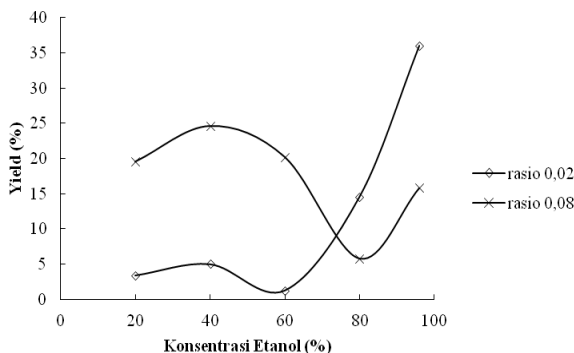
Dari **Gambar IV.7** Pengaruh Rasio (w/v) terhadap Yield pada Daun Suji dan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Waktu Ekstraksidan **Gambar IV.8** Pengaruh Rasio terhadap Yield pada Daun Suji dan Waktu Ekstraksi 20 menit dalam Berbagai Konsentrasi Etanol 20%, 40%, 60%, 80% dan 96% didapatkan *yield* terbesar untuk ekstraksi daun suji adalah

pada rasio 0,02 sebesar 15,99% Pada **Gambar IV.7** dan **Gambar IV.8** terlihat penurunan *yield* dengan kenaikan rasio (w/v).

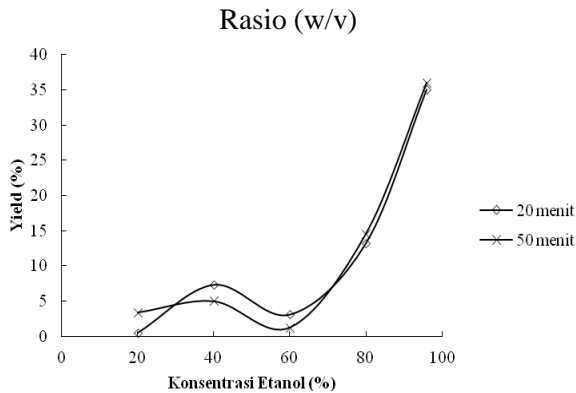
Kecenderungan penurunan *yield* pada **Gambar IV.5**, **Gambar IV.6**, **Gambar IV.7** dan **Gambar IV.8** memperlihatkan bahwa, menurut Zhang (2014) *yield* dapat menurun karena peningkatan rasio yang menyebabkan viskositas solvent meningkat, dan penurunan intensitas kavitasi. Peningkatan viskositas menyebabkan peningkatan gaya kohesif, sehingga menghambat kavitasi dan menurunkan *yield*. Selain itu menurut Medina (2017) pemakaian jumlah solvent yang banyak dapat menyebabkan kejenuhan liquid dalam sistem ekstraksi.

IV.2.3 Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap *Yield*

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi etanol terhadap *yield* dari mikroalga hijau (*Chlorella sp.*) dan daun suji (*Pleomele Angustifolia*). Parameter terpenting dalam proses ekstraksi adalah jenis pelarut dan waktu ekstraksi. Etanol 20%, 40%, 60%, 80% dan 96% digunakan sebagai pelarut dalam proses ekstraksi zat warna alami dari mikroalga hijau dan daun suji karena sifat kimia dari klorofil yakni larut dalam pelarut polar seperti etanol, dan hasil terbaik yang diperoleh penelitian terdahulu adalah dengan menggunakan pelarut etanol.

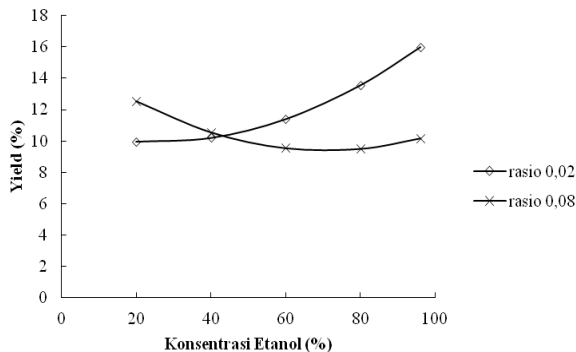


Gambar IV.9 Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap *Yield* pada Mikroalga Hijau dan Waktu Ekstraksi 50 menit dalam Berbagai

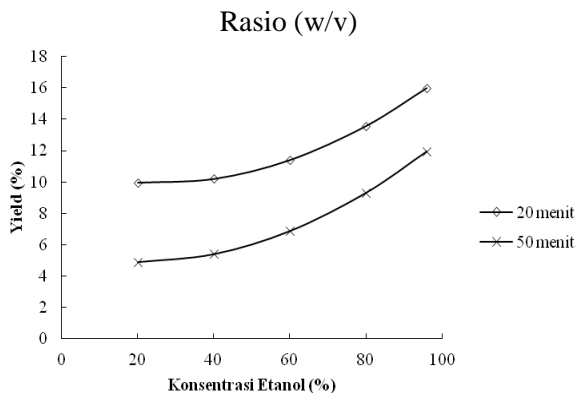


Gambar IV.10 Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap Yield pada Mikroalga Hijau dan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Waktu Ekstraksi

Dari **Gambar IV.9** dan **Gambar IV.10** didapatkan yield terbesar untuk ekstraksi mikroalga hijau adalah pada konsentrasi etanol 96% sebesar 15,99% Dari **Gambar IV.9** dan **Gambar IV.10** secara umum terlihat kenaikan *yield* dengan kenaikan konsentrasi etanol.



Gambar IV. 11 Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap Yield pada Daun Suji dan Waktu Ekstraksi 20 menit dalam Berbagai



Gambar IV.12 Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap Yield pada Daun Suji dan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Waktu Ekstraksi

Dari **Gambar IV. 11** dan **Gambar IV.12**, didapatkan yield terbesar untuk ekstraksi daun suji adalah pada konsentrasi etanol 96% sebesar 36,06% Dari **Gambar IV. 11** dan **Gambar IV.12** secara umum terlihat kenaikan *yield* dengan kenaikan konsentrasi etanol.

Kecenderungan kenaikan *yield* pada **Gambar IV.9**, **Gambar IV.10**, **Gambar IV.11** dan **Gambar IV.12** memperlihatkan bahwa, menurut Liao (2016) kepolaran bisa menjadi salah satu alasannya. Selain itu, berkaitan erat dengan efektifitas pelarutan sampel padat dalam media cair, yang baik untuk memperluas luas kontak permukaan dari pelarut yang terlarut. Menurut Medina (2017) Air memiliki kepolaran yang lebih besar jika dibandingkan etanol. Sedangkan menurut Prasetyo (2012) dari struktur kimianya, dapat dilihat klorofil a bersifat kurang polar atau bahkan sering digolongkan sebagai senyawa non polar, sedangkan klorofil b berifat polar. Maka dapat diindikasikan bahwa terdapat senyawa selain klorofil didalam mikroalga hijau dan daun suji yang terlarut didalam pelarut air dan etanol.

IV.3 Pengaruh Rasio (w/v), Waktu Ekstraksi, Konsentrasi Etanol Terhadap Konsentrasi Klorofil

Pewarna yang terkandung dalam ekstrak perlu diketahui untuk itu digunakan uji absorbansi. Pada kasus ini, spektrofotometer UV-Vis digunakan dalam menghitung kadar klorofil. Ekstrak yang didapatkan dari hasil ekstraksi dimasukkan kedalam kuvet. Klorofil-a menunjukkan absorbansi maksimum dengan pelarut etanol 96% pada 665 nm dan klorofil-b pada 652 nm. Kemudian kadar klorofil-a dan klorofil-b ($\mu\text{g/mL}$) dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2) untuk basis etanol (*ethanol-based extraction*) dilaporkan oleh Kaewseejan, Puangpronpitag, & Nakornriab (2012) yaitu:

$$\text{Chlorophyll-a} = 16,72 (A_{665}) - 9,15 (A_{652})$$

(1)

$$\text{Chlorophyll-b} = 34,09 (A_{652}) - 15,28 (A_{665})$$

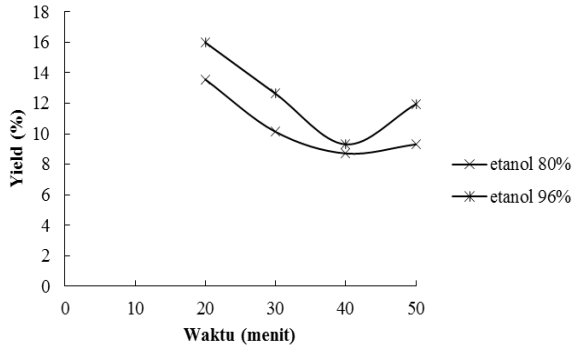
(2)

(Abidin, Mohamad, & Samadi, 2016)

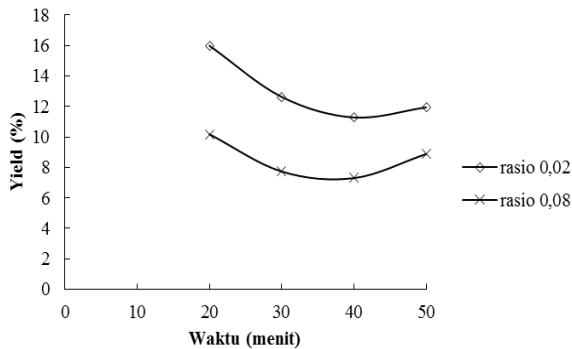
Pada penelitian dengan menggunakan daun suji dan mikroalga hijau, konsentrasi klorofil didapatkan dari penambahan klorofil a dengan klorofil b.

IV.3.1 Pengaruh Waktu terhadap Konsentrasi Klorofil

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi zat warna alami dari bahan baku daun suji dan mikroalga hijau menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Proses ekstraksi zat warna alami dilakukan dengan pemaparan gelombang ultrasonik yang berasal dari *ultrasonic cleaning bath* dengan frekuensi sebesar 48 kHz.



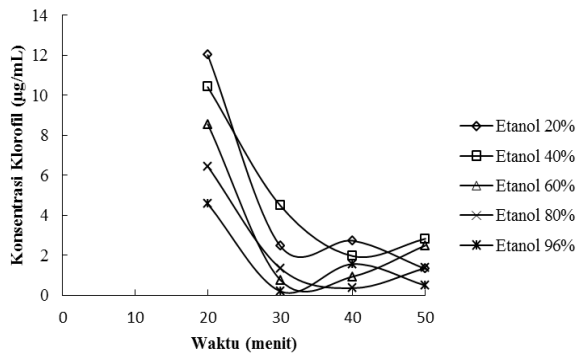
Gambar IV.13 Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Waktu



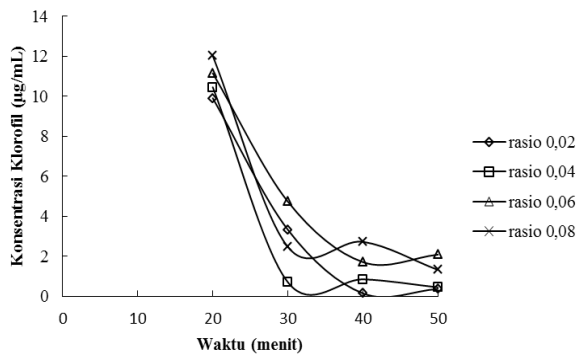
Gambar IV.14 Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Rasio (w/v)

Pada **Gambar IV.13** rasio (w/v) yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0,02 g/mL dengan variasi konsentrasi etanol 60%, 80%, 96% pada waktu ekstraksi 20, 30, 40, dan 50 menit terlihat bahwa konsentrasi klorofil menurun seiring penambahan waktu. Sedangkan pada **Gambar IV.14** konsentrasi etanol yang

digunakan pada penelitian yaitu 96% dengan variasi rasio (w/v) 0,02 g/mL, 0,04 g/mL, 0,06 g/mL, 0,08 g/mL pada waktu ekstraksi 20, 30, 40, dan 50 menit terlihat bahwa konsentrasi klorofil menurun seiring penambahan waktu pada setiap rasio (w/v).



Gambar IV.15 Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Rasio (w/v) 0,08 g/mL dalam Berbagai Waktu



Gambar IV.16 Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Konsntrasi Etanol 20% dalam Berbagai Rasio (w/v)

Pada **Gambar IV.15** rasio (w/v) yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0,08 g/mL dengan variasi konsentrasi etanol

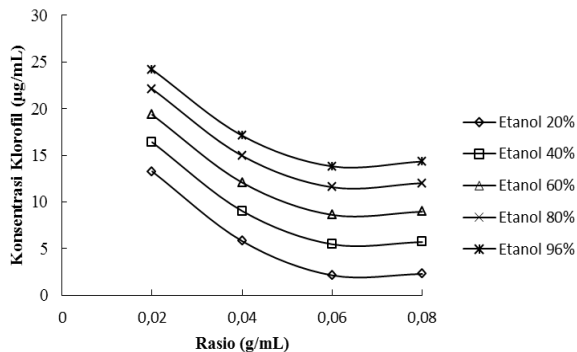
20%, 40%, 60%, 80%, 96% pada waktu ekstraksi 20, 30, 40, dan 50 menit. Sedangkan pada **Gambar IV.16** konsentrasi etanol yang digunakan pada penelitian yaitu 20% dengan variasi rasio (w/v) 0,02 g/mL, 0,04 g/mL, 0,06 g/mL, 0,08 g/mL pada waktu ekstraksi 20, 30, 40, dan 50 menit. Berdasarkan **Gambar IV.15** dan **Gambar IV.16** terlihat bahwa nilai konsentrasi klorofil secara umum mengalami penurunan sampai waktu 40 menit kemudian meningkat pada waktu 50 menit.

Pada ekstraksi zat warna dari mikroalga hijau, hasil ekstraksi optimum dicapai pada waktu ekstraksi 20 menit. Konsentrasi klorofil total yang diperoleh sebesar 24,2 µg/mL. Sama halnya dengan ekstraksi zat warna dari daun suji, hasil ekstraksi optimum dicapai pada waktu ekstraksi 20 menit. Konsentrasi klorofil total yang diperoleh sebesar 12,0199 µg/mL. Hasil klorofil tertinggi pada waktu ekstraksi 20 menit ini dikarenakan tercapai kondisi *equilibrium* antara konsentrasi zat warna dalam mikroalga hijau dengan konsentrasi zat warna pada pelarut (*bulk solution*). Paparan gelombang ultrasonik yang melalui pelarut secara terus menerus akan menyebabkan destruksi struktur zat warna. Selain itu menurut Putri (2012) perlakuan panas akan menyebabkan klorofil berubah menjadi *pheophytin* dengan substitusi magnesium oleh hidrogen pada saat pemanasan sehingga total klorofil ekstrak daun suji menjadi lebih rendah. Dan dengan adanya pemanasan akan memberikan pengaruh kerusakan klorofil dengan membentuk *pheophytin*. Oleh karena itu hal ini menyebabkan terjadi penurunan konsentrasi disetiap penambahan waktu ekstraksi pada Mikroalga Hijau (Maran, Nivetha, & C. Vigna, 2015).

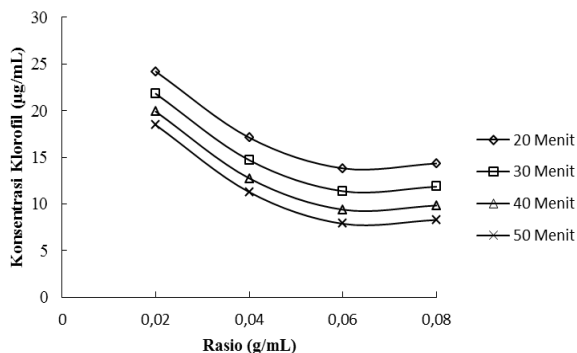
IV.3.2 Pengaruh Rasio terhadap Konsentrasi Klorofil

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi zat warna alami dari bahan baku daun suji dan mikroalga hijau menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Proses ekstraksi zat warna alami dilakukan dengan paparan gelombang ultrasonik yang berasal dari *ultrasonic cleaning bath* dengan

frekuensi sebesar 48 kHz.



Gambar IV.17 Pengaruh Rasio (w/v) Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Waktu 20 Menit dalam Berbagai Konsentrasi Etanol

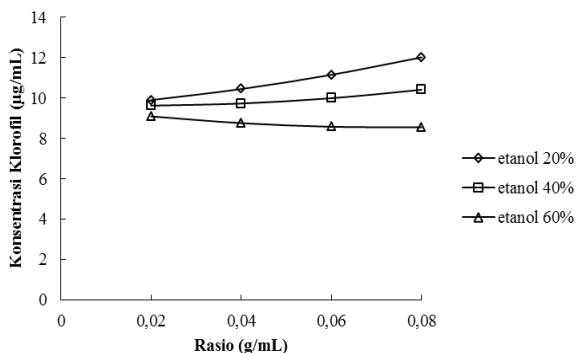


Gambar IV.18 Pengaruh Rasio (w/v) Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Konsentrasi Etanol 96% dalam Berbagai Waktu

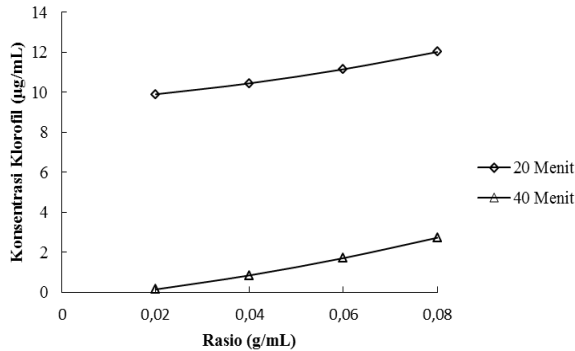
Padaa **Gambar IV.17** waktu yang digunakan pada penelitian ini yaitu 20 menit dengan variasi konsentrasi etanol 20%, 40%, 60%, 80%, 96% pada rasio (w/v) 0,02 g/mL, 0,04 g/mL, 0,06 g/mL, 0,08 g/mL terlihat bahwa konsentrasi klorofil menurun seiring penambahan rasio (w/v) pada setiap konsentrasi etanol. Sedangkan pada **Gambar IV.18** konsentrasi etanol yang

digunakan pada penelitian yaitu 96% dengan variasi waktu 20, 30, 40, 50 menit pada rasio (w/v) 0,02 g/mL, 0,04 g/mL, 0,06 g/mL, 0,08 g/mL terlihat bahwa konsentrasi klorofil menurun seiring penambahan rasio (w/v) pada setiap waktu.

Berdasarkan **Gambar IV.17** dan **Gambar IV.18** pada ekstraksi zat warna dari mikroalga hijau, hasil ekstraksi optimum dicapai pada rasio (w/v) 0,02 g/mL. Konsentrasi klorofil total yang diperoleh sebesar 24,2 $\mu\text{g/mL}$. Konsentrasi klorofil tertinggi dikarenakan rasio zat terlarut/pelarut adalah salah satu faktor paling penting selama perpindahan massa, karena volume pelarut yang lebih besar membantu mempercepat proses difusi. Zat terlarut/pelarut sangat ideal untuk menyediakan jumlah pelarut yang dibutuhkan untuk memasuki komponen daun suji sehingga meningkatkan konsentrasi klorofil.



Gambar IV.19 Pengaruh Rasio (w/v) Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Waktu 20 Menit dalam Berbagai Konsentrasi Etanol



Gambar IV.20 Pengaruh Rasio (w/v) Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Konsentrasi Etanol 20% dalam Berbagai Waktu

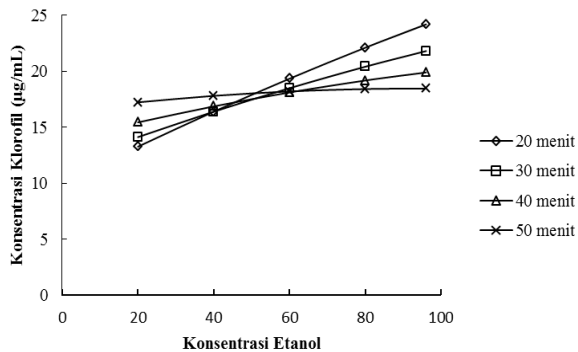
Pada **Gambar IV.19** waktu yang digunakan pada penelitian ini yaitu 20 menit dengan variasi konsentrasi etanol 20%, 40%, 60% pada rasio (w/v) 0,02 g/mL, 0,04 g/mL, 0,06 g/mL, 0,08 g/mL terlihat bahwa konsentrasi klorofil meningkat seiring penambahan rasio (w/v). Sedangkan pada **Gambar IV.20** konsentrasi etanol yang digunakan pada penelitian yaitu 20% dengan variasi rasio (w/v) 0,02 g/mL, 0,04 g/mL, 0,06 g/mL, 0,08 g/mL pada waktu ekstraksi 20, dan 40 menit terlihat bahwa konsentrasi klorofil meningkat seiring penambahan waktu pada setiap rasio (w/v).

Berdasarkan **Gambar IV.19** dan **Gambar IV.20** pada ekstraksi zat warna dari daun suji, hasil ekstraksi optimum dicapai pada rasio (w/v) 0,08 g/mL. Konsentrasi klorofil total yang diperoleh sebesar 12,0199 µg/mL. Peningkatan rasio bahan baku terhadap pelarut menyebabkan viskositas pelarut meningkat sehingga menghalangi pembentukan kavitasi. Efek kavitasi merupakan bagian terpenting pada metode *Ultrasound Assisted Extraction* karena dapat merusak dinding sel tanaman sehingga meningkatkan kemampuan penetrasi pelarut ke dalam material tanaman untuk mengekstrak zat warna. Viskositas pelarut yang semakin besar akan meningkatkan gaya kohesif pelarut sehingga

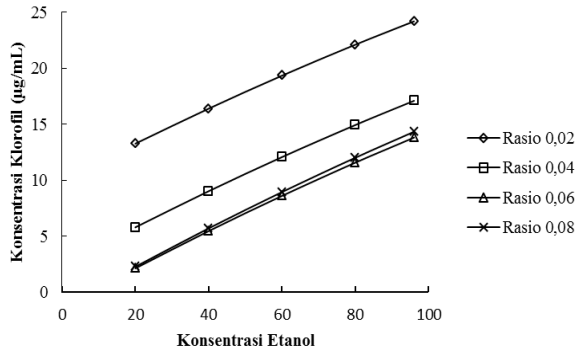
tekanan negatif pada daerah rarefraction mengalami penurunan mengakibatkan kavitasi sulit terbentuk (Maran, Nivetha, & C. Vigna, 2015).

IV.3.3 Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap Konsentrasi Klorofil

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi zat warna alami dari bahan baku daun suji dan mikroalga hijau menggunakan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE). Proses ekstraksi zat warna alami dilakukan dengan pemaparan gelombang ultrasonik yang berasal dari *ultrasonic cleaning bath* dengan frekuensi sebesar 48 kHz.



Gambar IV.21 Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Rasio (w/v) 0,02 g/mL dalam Berbagai Waktu



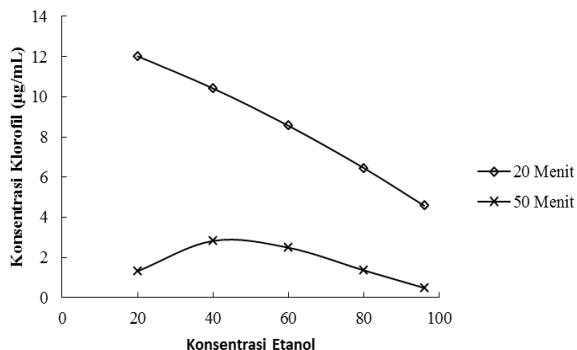
Gambar IV.22 Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dengan Waktu 20 Menit dalam Berbagai Waktu

Pada **Gambar IV.21** rasio (w/v) yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0,02 g/mL dengan variasi waktu ekstraksi 20, 30, 40 dan 50 menit pada konsentrasi etanol 20%, 40%, 60%, 80% dan 96% terlihat bahwa konsentrasi klorofil meningkat seiring penambahan konsentrasi etanol pada setiap waktu ekstraksi. Sedangkan pada **Gambar IV.22** waktu ekstraksi yang digunakan pada penelitian yaitu 20 menit dengan variasi rasio (w/v) 0,02 g/mL, 0,04 g/mL, 0,06 g/mL, 0,08 g/mL pada konsentrasi etanol 20%, 40%, 60%, 80% dan 96% terlihat bahwa konsentrasi klorofil meningkat seiring penambahan konsentrasi etanol pada setiap rasio (w/v).

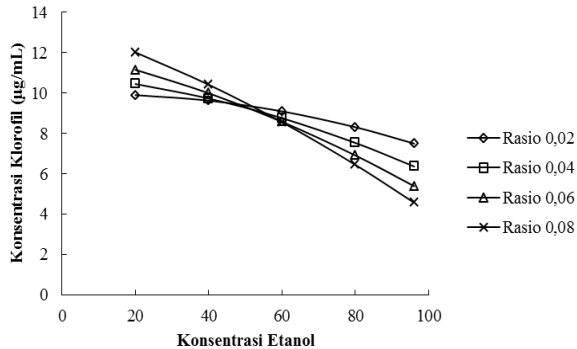
Dikutip dari Młodzińska (2009) menyatakan bahwa semua tanaman hijau, sebagian besar klorofil berada dalam dua bentuk yaitu klorofil *a* dan klorofil *b*. Klorofil *a* bersifat kurang polar dan berwarna biru kehijauan, sedangkan klorofil *b* bersifat polar dan berwarna kuning hijau (Aryanti, Nafiunisa, & Willis, 2016).

Berdasarkan **Gambar IV.21** dan **Gambar IV.22** pada ekstraksi zat warna dari mikroalga hijau, hasil ekstraksi optimum dicapai pada konsentrasi etanol 96%. Konsentrasi klorofil total yang diperoleh sebesar 24,2 µg/mL. Perubahan polaritas pelarut

mempengaruhi hasil ekstraksi zat warna dari mikroalga hijau. Etanol 96% memiliki indeks kepolaran 5,2 (kurang polar) dan etanol 20% memiliki indeks kepolaran sebesar 8,2 (Sheng, Vannela, & E. Rittmann, 2011). Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi etanol, nilai indeks kepolaran semakin kecil atau semakin tidak polar. Menurut Susiana Prasetyo, dkk (2012) pelarut yang dipilih memiliki kepolaran yang sama dengan bahan yang akan diekstrak sehingga pelarut dapat melarutkan *solute* dengan baik. Oleh karena itu dengan hasil konsentrasi klorofil tertinggi pada konsentrasi etanol 96% menunjukkan bahwa pada mikroalga hijau lebih banyak mengandung klorofil a daripada klorofil b karena klorofil a memiliki sifat kepolaran yang sama dengan etanol 96% yaitu bersifat kurang polar dan hasil ekstrak yang didapat berwarna biru kehijauan.



Gambar IV.23 Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Rasio (w/v) 0,08 g/mL dalam Berbagai Waktu



Gambar IV.24 Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji dengan Waktu 20 Menit dalam Berbagai Waktu

Pada Gambar IV.23 rasio (w/v) yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0,08 g/mL dengan variasi waktu ekstraksi 20 dan 50 menit pada konsentrasi etanol 20%, 40%, 60%, 80% dan 96% terlihat bahwa konsentrasi klorofil menurun seiring penambahan konsentrasi etanol pada setiap waktu ekstraksi. Sedangkan pada **Gambar IV.24** waktu ekstraksi yang digunakan pada penelitian yaitu 20 menit dengan variasi rasio (w/v) 0,02 g/mL, 0,04 g/mL, 0,06 g/mL, 0,08 g/mL pada konsentrasi etanol 20%, 40%, 60%, 80% dan 96% terlihat bahwa konsentrasi klorofil menurun seiring penambahan konsentrasi etanol pada setiap rasio (w/v).

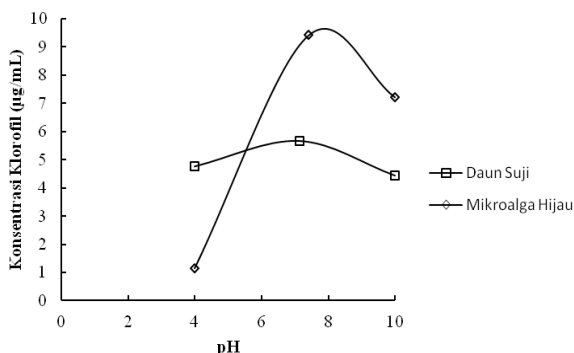
Dikutip dari Młodzińska (2009) menyatakan bahwa semua tanaman hijau, sebagian besar klorofil berada dalam dua bentuk yaitu klorofil *a* dan klorofil *b*. Klorofil *a* bersifat kurang polar dan berwarna biru kehijauan, sedangkan klorofil *b* bersifat polar dan berwarna kuning hijau (Aryanti, Nafiunisa, & Willis, 2016).

Berdasarkan **Gambar IV.23** dan **Gambar IV.24** pada ekstraksi zat warna dari daun suji, hasil ekstraksi optimum dicapai pada konsentrasi etanol 20%. Konsentrasi klorofil total

yang diperoleh sebesar 12,0199 $\mu\text{g/mL}$. Perubahan polaritas pelarut mempengaruhi hasil ekstraksi zat warna dari daun suji. Etanol 96% memiliki indeks kepolaran 5,2 (kurang polar) dan etanol 20% memiliki indeks kepolaran sebesar 8,2 (Sheng, Vannela, & E. Rittmann, 2011). Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi etanol, nilai indeks kepolaran semakin kecil atau semakin tidak polar. Menurut Susiana Prasetyo, dkk (2012) pelarut yang dipilih memiliki kepolaran yang sama dengan bahan yang akan diekstrak sehingga pelarut dapat melarutkan *solute* dengan baik. Oleh karena itu dengan hasil konsentrasi klorofil tertinggi pada konsentrasi etanol 20% menunjukkan bahwa pada daun suji lebih banyak mengandung klorofil b daripada klorofil a karena klorofil b memiliki sifat kepolaran yang sama dengan etanol 20% yaitu bersifat polar dan hasil ekstrak yang didapat berwarna kuning kehijauan.

IV.4 Pengaruh pH terhadap Konsentrasi Klorofil

Zat warna klorofil memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi kestabilan seperti pH, pengaruh solvent, intensitas cahaya, enzim, oksidator, dan suhu yang digunakan (Aryanti, Nafiunisa, & Willis, 2016).



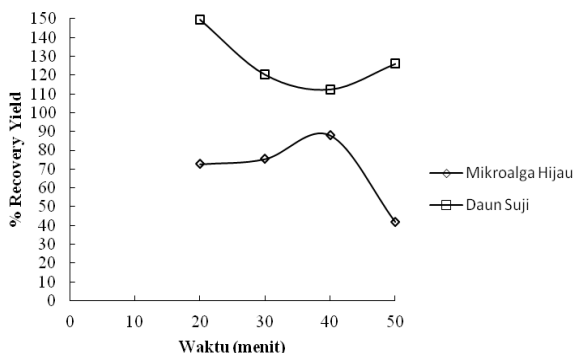
Gambar IV.25 Pengaruh pH Terhadap Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dan Daun Suji dengan Konsentrasi Etanol 40%, Waktu Ekstraksi 40 Menit, dan Rasio (w/v) 0,04 g/mL

Pada **Error! Reference source not found.** konsentrasi etanol yang digunakan untuk mengekstrak daun suji sebesar 20% dan memiliki nilai pH 7,13. Sedangkan konsentrasi etanol yang digunakan untuk mengekstrak mikroalga hijau sebesar 40% dan memiliki pH 7,41. Pada **Error! Reference source not found.** menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil tertinggi pada tanpa penambahan pH atau pada pH konsentrasi etanol itu sendiri. Menurut Susiana Prasetyo (2012), rentang pH yang digunakan harus disesuaikan dengan kestabilan bahan yang akan diekstrak. Misalnya untuk klorofil, adanya perubahan pH, dapat menyebabkan reaksi feofitinisasi, reaksi pembentukan klorofilid dan reaksi oksidasi. Reaksi feofitinisasi yang biasa terjadi dapat dilihat pada proses perebusan sayuran yang mengandung klorofil. Klorofil terdapat dalam bentuk terikat secara kompleks dengan molekul protein. Pada proses perebusan tersebut, protein dari senyawa kompleks tersebut akan mengalami denaturasi, sehingga klorofil akan dibebaskan. Klorofil yang bebas ini sangat tidak stabil, dan ion magnesium yang terdapat di dalamnya dapat dengan mudah digantikan oleh ion hidrogen. Akibatnya warna sayuran yang semula hijau berubah menjadi kecoklatan karena terbentuknya feofitin.

IV.5 Perolehan *Recovery* pada Ekstraksi Metode UAE dengan Metode *Soxhletasi*

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan *recovery* untuk mengetahui pengaruh penggunaan metode UAE dalam mengekstrak sejumlah besar kandungan zat warna alami yang terdapat dalam mikroalga hijau dan daun suji apabila dibandingkan dengan metode *soxhletasi*. Metode *soxhletasi* dilakukan dengan menggunakan pelarut etanol 96% dan massa bahan 3 gram. Nilai akumulasi *recovery* untuk *yield* dapat diperoleh dengan cara membandingkan berat ekstrak pewarna yang didapatkan dari metode UAE yang digunakan dengan berat ekstrak zat warna alami yang didapatkan dari metode *Soxhletasi*. Sedangkan nilai akumulasi *recovery* untuk konsentrasi klorofil

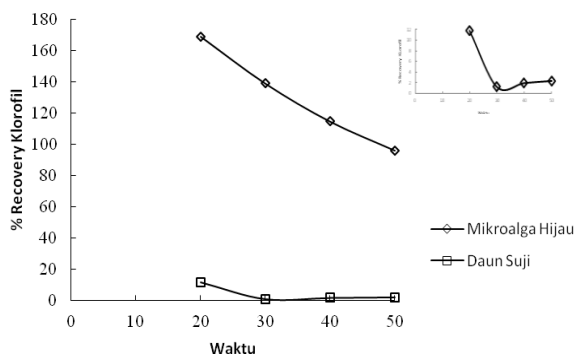
dapat diperoleh dengan cara membandingkan konsentrasi klorofil ekstrak pewarna yang didapatkan dari metode UAE yang digunakan dengan konsentrasi klorofil ekstrak zat warna alami yang didapatkan dari metode *Soxhletasi*. Untuk % *yield* zat warna alami dari daun suji yang diperoleh dengan menggunakan metode *Soxhletasi* memiliki nilai sebesar 9,3933% dan untuk mikroalga hijau sebesar 25,4267%. Untuk konsentrasi klorofil zat warna alami dari daun suji yang diperoleh dengan menggunakan metode *Soxhletasi* memiliki nilai sebesar 45,5628 $\mu\text{g/mL}$ dan untuk mikroalga hijau sebesar 8,1605 $\mu\text{g/mL}$.



Gambar IV.26 Pengaruh Waktu Terhadap Recovery untuk Yield pada Mikroalga Hijau dan Daun Suji dengan Konsentrasi Etanol 96%

Pada **Gambar IV.26** dapat dilihat bahwa akumulasi % *recovery* untuk *yield* daun suji tertinggi pada waktu 20 menit yaitu sebesar 149,6134%. Sedangkan % *recovery* untuk *yield* mikroalga hijau tertinggi pada waktu 40 menit yaitu sebesar 88,0440%. Menurut Dyah Tri Wahyuni (2015), ultrasonik memiliki kemampuan yang lebih cepat dan lebih sempurna dalam proses ekstraksi dibandingkan dengan metode maserasi dan soxhlet. Efek mekanis yang ditimbulkan oleh gelombang

ultrasonik dapat meningkatkan kemampuan penetrasi pelarut ke dalam sel bahan sehingga meningkatkan jumlah komponen sel yang berdifusi ke dalam pelarut. Hal ini membuktikan bahwa metode ekstraksi *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dapat digunakan sebagai alternatif yang lebih baik dalam mengekstrak klorofil dari bahan alami. Beberapa keuntungan dari metode ultrasonik adalah mempermudah proses ekstraksi, transfer masa, waktu yang dibutuhkan lebih singkat, distruksi sel dan meningkatkan efek penetrasi (Wahyuni & Widjanarko, 2015).



Gambar IV.27 Pengaruh Waktu Terhadap Recovery Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau dan Daun Suji dengan Konsentrasi Etanol 96%

Pada **Gambar IV.27** dapat dilihat bahwa akumulasi % *recovery* untuk konsentrasi klorofil daun suji tertinggi pada waktu 20 menit yaitu sebesar 11,824%. Sedangkan %*recovery* untuk *yield* mikroalga hijau tertinggi pada waktu 20 menit yaitu sebesar 169,29%. Menurut Dyah Tri Wahyuni (2015), ultrasonik memiliki kemampuan yang lebih cepat dan lebih sempurna dalam proses ekstraksi dibandingkan dengan metode maserasi dan soxhlet. Efek mekanis yang ditimbulkan oleh gelombang

ultrasonik dapat meningkatkan kemampuan penetrasi pelarut ke dalam sel bahan sehingga meningkatkan jumlah komponen sel yang berdifusi ke dalam pelarut. Hal ini membuktikan bahwa metode ekstraksi *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dapat digunakan sebagai alternatif yang lebih baik dalam mengekstrak klorofil dari bahan alami. Beberapa keuntungan dari metode ultrasonik adalah mempermudah proses ekstraksi, transfer masa, waktu yang dibutuhkan lebih singkat, distruksi sel dan meningkatkan efek penetrasi (Wahyuni & Widjanarko, 2015).

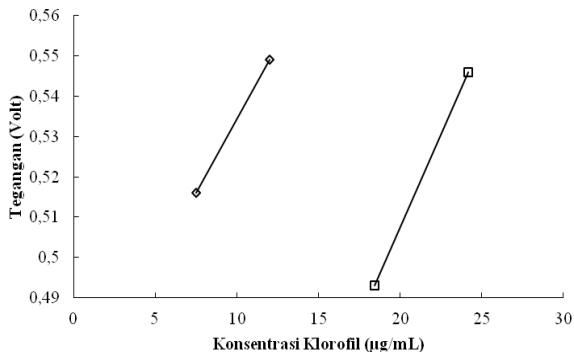
IV.6 Hasil Uji DSSC (*Dye Sensitized Solar Cells*)

Hasil analisa DSSC dilakukan pada titik optimum yield dan konsentrasi klorofil tertinggi dan pada kondisi intensitas cahaya matahari pada 30.000 lux. Berikut adalah hasil analisa DSSC berupa besar tegangan

Tabel IV.1 Hasil Analisa Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) pada Setiap Konsentrasi Klorofil ($\mu\text{g/mL}$) terbesar

No.	Klorofil ($\mu\text{g/mL}$)	Tegangan (Volt)
1	7,4987	0,516
2	12,0199	0,549
3	18,4607	0,493
4	24,2	0,546

Untuk perolehan *yield* 15,99% mengandung klorofil sebesar 7,4987 $\mu\text{g/mL}$, dan menghasilkan tegangan sebesar 0,516 V. Pada perolehan *yield* 12,52% mengandung klorofil sebesar 12,02 $\mu\text{g/mL}$ dan menghasilkan tegangan sebesar 0,549 V. Pada perolehan *yield* 36,06% mengandung klorofil sebesar 18,46 $\mu\text{g/mL}$ dan menghasilkan tegangan sebesar 0,493 V. Pada perolehan *yield* 35,13% mengandung klorofil sebesar 24,2 $\mu\text{g/mL}$ dan menghasilkan tegangan sebesar 0,516 V.



Gambar IV.28 Pengaruh Konsentrasi Klorofil ($\mu\text{g/mL}$) terhadap Tegangan (Volt) pada Analisa DSSC

Pada **Gambar IV.28** terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan pada analisa DSSC semakin tinggi dengan kenaikan konsentrasi dari klorofil. Menurut (Kumara, 2012) dye berfungsi sebagai donor elektron yang menyebabkan timbulnya hole saat molekul dye terkena sinar matahari.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan perhitungan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pembuatan zat warna alami dari mikroalga hijau (*Chlorella sp.*) dan daun suji (*Pleomele Angustifolia*) dapat dilakukan dengan metode *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE).
2. Hasil ekstraksi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni:
 - Konsentrasi etanol, konsentrasi etanol memiliki titik optimum untuk menghasilkan *yield* tertinggi. Titik optimum setiap variabel berbeda – beda karena tergantung dari kondisi operasi ketika proses ekstraksi berlangsung.
 - Waktu ekstraksi, ekstraksi zat warna alami memiliki waktu optimum untuk menghasilkan *yield* tertinggi. Waktu optimum setiap variabel berbeda – beda karena tergantung dari kondisi operasi ketika proses ekstraksi berlangsung.
 - Rasio (w/v), *yield* akan semakin tinggi seiring dengan semakin tingginya rasio (w/v)
 - pH, daun suji dan mikroalga hijau menghasilkan *yield* tertinggi ketika kondisi tanpa penambahan larutan asam ataupun basa yakni pH 7.
3. *Yield* tertinggi yang dihasilkan dari ekstraksi daun suji (*Pleomele Angustifolia*) adalah 15,99% pada waktu ekstraksi 20 menit, rasio (w/v) 0,02, dan konsentrasi etanol 96%. Sedangkan mikroalga hijau (*Chlorella sp.*) *yield* tertinggi adalah 36,07% pada waktu ekstraksi 50 menit, rasio (w/v) 0,02, dan konsentrasi etanol 96%.
4. Konsentrasi klorofil tertinggi yang dihasilkan dari ekstraksi daun suji (*Pleomele Angustifolia*) adalah 12,02% pada waktu ekstraksi 20 menit, rasio (w/v) 0,08, dan konsentrasi etanol 20%. Sedangkan mikroalga hijau (*Chlorella sp.*) *yield* tertinggi adalah 24,2% pada waktu ekstraksi 20 menit, rasio (w/v) 0,02, dan konsentrasi etanol 96%.

5. Ekstraksi dengan metode UAE lebih efektif dan efisien daripada menggunakan soxhletasi karena dapat menghasilkan *yield* tertinggi dalam waktu yang relatif cepat yakni 20 menit untuk daun suji dan 50 menit untuk mikroalga hijau. Sedangkan ekstraksi dengan metode soxhletasi membutuhkan waktu \pm 10 jam.
6. Hasil uji aplikasi pada konsentrasi klorofil 7,4987 $\mu\text{g/mL}$; 12,02 $\mu\text{g/mL}$; 18,46 $\mu\text{g/mL}$; dan 24,2 $\mu\text{g/mL}$ menghasilkan 0,516 V; 0,549 V; 0,493 V; dan 0,546 V.

V.2 Saran

Metode UAE memiliki potensi besar untuk terus dikembangkan dalam hal ekstraksi zat warna alami. Perlu modifikasi alat UAE dengan menambahkan indikator suhu otomatis dan membuat wadah ekstrak menjadi tidak tembus cahaya sehingga ekstrak tak mudah terdegradasi akibat suhu yang terlalu tinggi dan cahaya. Zat pewarna yang terkandung dalam kayu secang sangat mudah terdegradasi oleh cahaya.

Dalam melakukan uji aplikasi zat warna alami pada (Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) sebaiknya dilakukan pada kondisi cahaya matahari yang stabil.

APPENDIKS A

CONTOH PERHITUNGAN

A.1 Contoh perhitungan pengenceran larutan etanol

Etanol 60%

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

$$V_1 \times 96\% = 200 \text{ mL} \times 60\%$$

$$V_1 = 125 \text{ mL}$$

A.2 Perhitungan %Yield Ekstrak

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{Massa padatan ekstrak zat warna}}{\text{Massa Bahan baku kering yang digunakan}} \times 100\%$$

Bahan : Mikroalga Hijau

Waktu ekstraksi : 40 menit

Rasio Bahan : 0,06 (gram/mL) = 3 gram/50 mL

pH : Tanpa penambahan pH

Massa hasil ekstrak: 0,6716 gram

$$\% \text{ Yield} = \frac{0,6717 \text{ gram}}{3 \text{ gram}} \times 100\%$$
$$= 22,3867 \%$$

A.3 Perhitungan %Yield Hasil Soxhletasi

Bahan : Mikroalga Hijau

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{Massa padatan ekstrak zat warna}}{\text{Massa Bahan baku kering yang digunakan}} \times 100\%$$

Massa bahan baku kering yang digunakan = 3 gram

Massa padatan ekstrak zat warna = 0,7628 gram

$$\% \text{ Yield} = \frac{0,7628 \text{ gram}}{3 \text{ gram}} \times 100\%$$
$$= 25,4266 \%$$

Bahan : Daun Suji

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{Massa padatan ekstrak zat warna}}{\text{Massa Bahan baku kering yang digunakan}} \times 100\%$$

Massa bahan baku kering yang digunakan = 3 gram

Massa padatan ekstrak zat warna = 0,2818 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ Yield} &= \frac{0,2818 \text{ gram}}{3 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 9,3933 \%\end{aligned}$$

A.4 Perhitungan %Recovery Hasil Soxhletasi

Bahan : Mikroalga Hijau

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{Massa padatan ekstrak zat warna dengan UAE}}{\text{Massa padatan ekstrak zat warna dengan soxhlet}} \times 100\%$$

Massa padatan ekstrak zat warna dengan UAE = 0,6716 gram

Massa padatan ekstrak zat warna dengan soxhlet = 0,7628 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ Recovery} &= \frac{0,6716 \text{ gram}}{0,7628 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 88,0440 \%\end{aligned}$$

Bahan : Daun Suji

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{Massa padatan ekstrak zat warna dengan UAE}}{\text{Massa padatan ekstrak zat warna dengan soxhlet}} \times 100\%$$

Massa padatan ekstrak zat warna dengan UAE = 0,4216 gram

Massa padatan ekstrak zat warna dengan soxhlet = 0,2818 gram

$$\begin{aligned}\% \text{ Recovery} &= \frac{0,4216 \text{ gram}}{0,2818 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 149,6096 \%\end{aligned}$$

A.5 Perhitungan Kadar Klorofil

Chlorophyll-a = 16,72 (A665) – 9,15 (A652) (1)

Chlorophyll-b = 34,09 (A652) – 15,28 (A665) (2)

Bahan : Mikroalga Hijau

Nilai Absorbansi pada α 652 nm (A652)

$$(A652)_1 = 0,4640$$

$$(A652)_2 = 0,4450$$

$$(A652)_{ave} = 0,4545$$

Nilai Absorbansi pada α 665 nm (A665)

$$(A665)_1 = 0,5220$$

$$(A665)_2 = 0,5050$$

$$(A665)_{ave} = 0,5135$$

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll-}a &= 16,72 (0,5135) - 9,15 (0,4545) \\ &= 4,4270 \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll-}b &= 34,09 (0,4545) - 15,28 (0,5135) \\ &= 7,6476 \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Klorofil} &= \text{Chlorophyll-}a + \text{Chlorophyll-}b \\ &= (4,4270 + 7,6476) \mu\text{g/mL} \\ &= 12,0747 \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

Bahan : Daun Suji

Nilai Absorbansi pada α 652 nm (A652)

$$(A652)_1 = 0,0750$$

$$(A652)_2 = 0,0720$$

$$(A652)_{ave} = 0,0735$$

Nilai Absorbansi pada α 665 nm (A665)

$$(A665)_1 = 0,0930$$

$$(A665)_2 = 0,0950$$

$$(A665)_{ave} = 0,0940$$

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll-}a &= 16,72 (0,0940) - 9,15 (0,0735) \\ &= 0,8992 \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll-}b &= 34,09 (0,0735) - 15,28 (0,0940) \\ &= 1,0693 \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Klorofil} &= \text{Chlorophyll-}a + \text{Chlorophyll-}b \\ &= (0,8992 + 1,0693) \mu\text{g/mL} \\ &= 1,9685 \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

APPENDIKS B
TABEL PENGAMATAN DAN TABEL PERHITUNGAN

B.1 Data Pengamatan Yield pada Daun Suji

B.1.1. Pengaruh Rasio (w/v) 0,02 terhadap Yield pada Berbagai Konsentrasi Etanol dan Waktu Ekstraksi

Konsentrasi Etanol (%)	Waktu (menit)	Yield (%)
20	20	9,9530
	30	6,2509
	40	4,5624
	50	4,8874
40	20	10,1940
	30	6,5813
	40	4,9822
	50	5,3966
60	20	11,3982
	30	7,8749
	40	6,3651
	50	6,8690
80	20	13,5655
	30	10,1315
	40	8,7112
	50	9,3044
96	20	15,9928
	30	12,6303
	40	9,3044
	50	11,9462

B.1.2. Pengaruh Konsentrasi Etanol 96% terhadap Yield pada berbagai Rasio dan Waktu

Rasio (w/v)	Waktu (menit)	Yield (%)
0,02	20	15,9928
	30	12,6303
	40	11,2814
	50	11,9462
0,04	20	15,9921
	30	12,9353
	40	11,8920
	50	12,8624
0,06	20	14,0537
	30	11,3025
	40	10,5648
	50	11,8408
0,08	20	10,1775
	30	7,7319
	40	7,2998
	50	8,8814

B.1.3. Pengaruh Waktu Ekstraksi 20 menit terhadap Yield pada berbagai Rasio dan Konsentrasi Etanol

Konsentrasi Etanol (%)	Rasio (w/v)	Yield (%)
20	0,02	9,9530
	0,04	12,7477
	0,06	13,6046
	0,08	12,5237
40	0,02	10,1940
	0,04	12,2531
	0,06	12,3744

	0,08	10,5579
60	0,02	11,3982
	0,04	12,7217
	0,06	12,1073
	0,08	9,5552
80	0,02	13,5655
	0,04	14,1533
	0,06	12,8034
	0,08	9,5157
96	0,02	15,9928
	0,04	15,9921
	0,06	14,0537
	0,08	10,1775

B.2. Data Pengamatan Yield pada Mikroalga Hijau

B.2.1. Pengaruh Rasio (w/v) 0,02 terhadap Yield pada Berbagai Konsentrasi Etanol dan Waktu Ekstraksi

Konsentrasi Etanol (%)	Waktu (menit)	Yield (%)
20	20	0,5539
	30	5,1528
	40	4,1979
	50	3,4186
40	20	7,3703
	30	13,2463
	40	12,4608
	50	5,0137
60	20	3,1352
	30	9,1807
	40	20,2150

	50	1,2868
80	20	13,2590
	30	9,1807
	40	7,4909
	50	14,5993
96	20	35,1290
	30	28,7787
	40	29,0899
	50	36,0628

B.2.2. Pengaruh Konsentrasi Etanol 96% terhadap Yield pada berbagai Rasio dan Waktu

Waktu (menit)	Rasio (w/v)	Yield (%)
20	0,02	35,1290
	0,04	21,6240
	0,06	18,4641
	0,08	25,6492
30	0,02	28,7787
	0,04	14,0180
	0,06	19,1633
	0,08	12,6275
40	0,02	29,0899
	0,04	13,0737
	0,06	22,3867
	0,08	19,2700
50	0,02	36,0628
	0,04	18,7909
	0,06	10,6400
	0,08	15,8200

B.2.3. Pengaruh Waktu Ekstraksi 50 menit terhadap Yield pada berbagai Rasio dan Konsentrasi Etanol

Rasio (w/v)	Konsentrasi Etanol (%)	Yield (%)
0,02	20	3,4186
	40	5,0137
	60	1,2868
	80	14,5993
	96	36,0628
0,04	20	15,4700
	40	21,8918
	60	21,7000
	80	2,5601
	96	18,7909
0,06	20	19,7113
	40	28,4249
	60	24,9792
	80	9,3744
	96	10,6400
0,08	20	19,5650
	40	24,6129
	60	20,2150
	80	5,8436
	96	15,8200

B.3. Data Pengamatan Konsentrasi Klorofil pada Daun Suji

B.3.1. Pengaruh Konsentrasi Etanol 20% terhadap Konsentrasi Klorofil pada berbagai Rasio dan Waktu

Rasio (w/v)	Waktu (menit)	Konsentrasi Klorofil (µg/L)
0,02	20	9,9036

	30	3,3211
	40	0,1403
	50	0,3610
0,04	20	10,4512
	30	0,6950
	40	0,8434
	50	0,4418
0,06	20	11,1567
	30	4,7297
	40	1,7042
	50	2,0804
0,08	20	12,0199
	30	2,4624
	40	2,7229
	50	1,3152

B.3.2. Pengaruh Rasio (w/v) 0,08 terhadap Konsentrasi Klorofil pada Berbagai Konsentrasi Etanol dan Waktu Ekstraksi

Waktu (menit)	Konsentrasi Etanol (%)	Konsentrasi Klorofil (µg/L)
20	20	12,0199
	40	10,4157
	60	8,5567
	80	6,4428
	96	4,5682
30	20	2,4624
	40	4,4838
	60	0,7602
	80	1,3456

	96	0,1951
40	20	2,7229
	40	1,9534
	60	0,9291
	80	0,3501
	96	1,5569
50	20	1,3152
	40	2,8246
	60	2,4872
	80	1,3558
	96	0,4829

B.3.3. Pengaruh Waktu Ekstraksi 20 menit terhadap Konsentrasi Klorofil pada berbagai Rasio dan Konsentrasi Etanol

Konsentrasi Etanol (%)	Rasio (w/v)	Konsentrasi Klorofil (µg/L)
20	0,02	9,9036
	0,04	10,4512
	0,06	11,1567
	0,08	12,0199
40	0,02	9,6275
	0,04	9,7325
	0,06	9,9952
	0,08	10,4157
60	0,02	9,0966
	0,04	8,7588
	0,06	8,5789
	0,08	8,5567
80	0,02	8,3108

	0,04	7,5304
	0,06	6,9077
	0,08	6,4428
96	0,02	7,4987
	0,04	6,3641
	0,06	5,3873
	0,08	4,5682

B.4. Data Pengamatan Konsentrasi Klorofil pada Mikroalga Hijau

B.3.1. Pengaruh Konsentrasi Etanol 96% terhadap Konsentrasi Klorofil pada berbagai Rasio dan Waktu

Rasio (w/v)	Waktu (menit)	Konsentrasi Klorofil (µg/L)
0,02	20	24,2000
	30	21,8183
	40	19,9052
	50	18,4607
0,04	20	17,1027
	30	14,6862
	40	12,7383
	50	11,2590
0,06	20	13,8147
	30	11,3634
	40	9,3806
	50	7,8665
0,08	20	14,3360
	30	11,8499
	40	9,8323
	50	8,2834

B.3.2. Pengaruh Rasio (w/v) 0,02 terhadap Konsentrasi Klorofil pada Berbagai Konsentrasi Etanol dan Waktu Ekstraksi

Waktu (menit)	Rasio (w/v)	Yield (%)
20	20	13,2724
	40	16,4036
	60	19,3523
	80	22,1185
	96	24,2000
30	20	14,1243
	40	16,4045
	60	18,5023
	80	20,4176
	96	21,8183
40	20	15,4447
	40	16,8741
	60	18,1209
	80	19,1852
	96	19,9052
50	20	17,2337
	40	17,8122
	60	18,2081
	80	18,4215
	96	18,4607

B.3.3. Pengaruh Waktu Ekstraksi 20 menit terhadap Konsentrasi Klorofil pada berbagai Rasio dan Konsentrasi Etanol

Konsentrasi Etanol (%)	Rasio (w/v)	Konsentrasi Klorofil (µg/L)
20	0,02	13,2724
	0,04	5,7971
	0,06	2,1311
	0,08	2,2744
40	0,02	16,4036
	0,04	9,0278
	0,06	5,4613
	0,08	5,7041
60	0,02	19,3523
	0,04	12,0760
	0,06	8,6089
	0,08	8,9512
80	0,02	22,1185
	0,04	14,9416
	0,06	11,5740
	0,08	12,0158
96	0,02	24,2000
	0,04	17,1027
	0,06	13,8147
	0,08	14,3360

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. Z., Mohamad, W. N., & Samadi, M. (2016). OPTIMIZATION OF CHLOROPHYLL EXTRACTION FROM *Gynura procumbens*. *Journal*, 1422-1423.
- Agustina. 2012. *Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pada Pengolahan Pewarna Sintetis Procion Menggunakan Reagen Fenton*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Aryanti, N., Nafiunisa, A., & Willis, F. M. (2016). Ekstraksi dan Karakterisasi Klorofil dari Daun Suji (*Pleomele Angustifolia*) sebagai Pewarna Pangan Alami. *Journal*, 130.
- Banyo, Y. (2011). Konsentrasi Klorofil Daun sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Jurnal*, 2-4.
- Dhiya, D., & Nurandriea, E. (2017). Ekstraksi zat warna alami dari kayu secang (*Caesalpinia Sappan* Linn) untuk Aplikasi Produk Pangan. *Jurnal*.
- Harnadiemas. (2012). Evaluasi Pertumbuhan dan Kandungan Esensial *Chlorella vulgaris* pada Kultivasi Fotobioreaktor Outdoor Skala Pilot dengan Pencahayaan Terang Gelap Alami. *Skripsi*, 19.
- Hidayat, Nur dan Elfi Anis Saati. 2006. *Membuat Pewarna Alami*. Trubus Agrisarana. Surabaya
- Istiqomah. (2013). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi dan Sokletasi terhadap kadar Piperin Buah cabe Jawa (*Piperis retrofacti fructus*). *Skripsi*, 12-15.
- Kaewseejan, N., Puangpronpitag, D., & Nakornriab, M. (2012). Evaluation of Phytochemical Composition and Antibacterial Property of *Gynura Procumber* Extract. *Asian Journal of Plant Sciences*.
- Kumara, M. S., & Prajitno, G. (2012). Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus Hybridus* L.) sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya Pada DSSC. *Jurnal*, 1.

- Liao, J. (2016). Effects of Process Parameters on the Extraction of Quercetin and Rutin from the Stalks of *Euonymus Alatus* (Thumb.) Sieb and Predictive Model Based on Least Squares Support Vector Machine Optimized by an Improved Fruit Fly Optimization Algorithm. *Applied Science* , 7.
- Maran, J., Nivetha, C., & C. Vigna . (2015). Optimization of ultrasound-assisted extraction of natural pigments from *Bougainvillea glabra* flowers. *Journal*, 188.
- Maulid, R. R. (2015). Kadar Total Pigmen Klorofil dan Senyawa Antosianin Ekstrak Kastuba (*Euphorbia pulcherrima*) Berdasarkan Umur Daun. *Jurnal*, 1.
- Medina, N. (2017). ultrasoun Assisted Extraction for The Recovery of Phenolic Compounds from Vegetable Sources. *Agronomi* , 8-9.
- Młodzińska, E. (2009). SURVEY OF PLANT PIGMENTS: MOLECULAR AND ENVIRONMENTAL DETERMINANTS OF PLANT COLORS. *Journal*.
- Mukhriani. (2014). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal*, 2-3.
- Prabowo, D. A. (2009). Optimasi Pengembangan Media untuk Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada Skala Laboratorium. *Skripsi*, 18-19.
- Prasetyo, S. (2012). Pengaruh Rasio Massa Daun Suji atau Pelarut, Temperatur dan Jenis Pelarut pada Ekstraksi Klorofil Daun Suji secara Batch dengan Pengontakan Dispersi. *Skripsi*, 12-14.
- Putri, W. D., Zubaidah, E., & Sholahudin, N. (2012). Ekstraksi Pewarna Alami Daun Suji, Kajian Pengaruh Blanching dan Jenis Bahan Pengekstrak. *Journal*, 24.
- Sheng, J., Vannela, R., & E. Rittmann, B. (2011). Evaluation of methods to extract and quantify lipids from *Synechocystis* PCC 6803. *Journal*, 1701.
- Sholichin, M. (2012). Pengolahan Air Limbah: Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Biakan Tersuspensi.

Materi Kuliah, 40-41.

- Sivakumar, V. (2010). Effective natural dye extraction from different plant materials using ultrasound. *Jurnal*.
- Sulistiawati, E., & Swastika, P. (2017). Ekstraksi Zat Warna Alami dari Daun Jati Muda (*Tectona Grandis*) dan Kayu Secang (*Caesalpinia Sappan*) dengan Metode Ultrasound Assisted Extraction untuk Aplikasi Prodksi Tekstil. *Jurnal*.
- Supriyanto, A. (2012). Fabriksi Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Bahan-bahan Organik Alam *Celosia Argentums* dan *Lagerstromia* sp. *Jurnal*, 2-3.
- Wahyuni, D. T., & Widjanarko, S. B. (2015). PENGARUH JENIS PELARUT DAN LAMA EKSTRAKSI TERHADAP EKSTRAK KAROTENOID LABU KUNING DENGAN METODE GELOMBANG ULTRASONIK. *Journal*, 391.
- Wang, H.-J. (2014). Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Cordycepin from *Cordyceps militaris* Using Orthogonal Experimental Design. *Molecules*, 3.
- Zhang. (2014). Effects of ultrasoundand/or heating on the extraction of pectin from grape fruit peel. *Food Engineer*, 72–81.

BIODATA PENULIS

Penulis 1



Aisyah Triana Chintiyah Dewi, lahir di Lumajang pada tanggal 28 Februari 1995. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara yang telah menempuh pendidikan di SD Negeri Curahpetung 1, SMP Negeri 1 Lumajang, SMA Negeri 1 Lumajang, dan D3 Teknik Kimia Industri FV – ITS pada tahun 2012, hingga melanjutkan pendidikan S1 Teknik Kimia FTI – ITS pada tahun 2016. Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di PG.

Djatiroto Lumajang pada tahun 2014 dan PT. Petrokimia Gresik pada tahun 2017. Pada September 2016 penulis mengambil bidang studi Teknologi Proses Kimia khususnya mengenai zat warna. Kemudian pada Agustus 2017 penulis menyelesaikan Tugas Pra Desain Pabrik sebagai syarat meraih gelar sarjana yang berjudul *“Pra Desain Pabrik Semen PCC dengan Pemanfaatan Limbah Slag”*.

Email : aisyahacd@gmail.com

Telp : 082231516348

Penulis 2



Fitria Romadhoni, lahir di Gresik pada tanggal 21 Februari 1994. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara yang telah menempuh pendidikan di SD NU 1 Gresik, SMP Muhammadiyah 12 GKB Gresik, SMA Muhammadiyah 1 Gresik, dan D3 Teknik Kimia Industri FV – ITS pada tahun 2012, hingga melanjutkan pendidikan S1 Teknik Kimia FTI – ITS pada tahun 2016. Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di PT.

Petrokimia Gresik pada tahun 2014 dan 2017. Pada September 2016 penulis mengambil bidang studi Teknologi Proses Kimia khususnya mengenai zat warna. Kemudian pada Agustus 2017 penulis menyelesaikan Tugas Pra Desain Pabrik sebagai syarat meraih gelar sarjana yang berjudul “*Pra Desain Pabrik Semen PCC dengan Pemanfaatan Limbah Slag*”.

Email : fitriaromadhoni21@yahoo.com

Telp : 085259622822